

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Chemie

Studijní obor: Chemie se zaměřením na vzdělávání – Biologie se zaměřením na
vzdělávání



Denisa Chaloupková

**Tvorba animací pro podporu výuky biochemie na středních školách –
Buněčná signalizace**

The Development of Animations Supporting Teaching of Biochemistry at High Schools
– Signal Transduction

Typ závěrečné práce:

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Milada Teplá, Ph.D.

Praha, 2021

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením RNDr. Milady Teplé, Ph.D. Všechny použité informační zdroje a literaturu jsem řádně odcitovala.

Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne:

.....

Jméno a Příjmení

Ráda bych zde poděkovala své školitelce RNDr. Miladě Teplé, Ph.D. především za trpělivost, ochotu a čas, který této bakalářské práci a mně samotné věnovala a také za veškeré cenné rady, které mi během práce poskytla. Chtěla bych tímto také moc poděkovat své rodině a přátelům za podporu a za důvěru, kterou do mě během studia vkládali.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá zpracováním výukových materiálů (animace a studijního textu) pro podporu výuky tématu buněčná signalizace. Vytvořené materiály jsou primárně určeny žákům vyššího stupně gymnázií a chemicky zaměřených středních škol a jsou cíleny do výuky předmětu chemie a biologie.

Teoretická část bakalářské práce zahrnuje vymezení základních pojmů, kterými je vizualizace, vizuál či animace. Následně se detailněji zabývá animacemi, jejich výhodami a nevýhodami ve výuce a též se věnuje efektivitě užívání animací ve výuce a proměnnými, které tuto efektivitu ovlivňují. Kapitola též představuje kritéria, která by měla být splněna při tvorbě výukové animace a následné zařazení do vyučovacího procesu. Dále je v této části provedena analýza kurikulárních dokumentů, tedy rámcového vzdělávacího programu a školního vzdělávacího programu týkajících se tématu buněčná signalizace.

Praktická část se věnuje analýze již vytvořených videí volně dostupných na internetu, která se tématem buněčné signalizace zabývají. Následně představuje výukové materiály, které byly vytvořeny autorkou práce. Prvním výukovým materiálem je výuková animace sestavená na téma buněčná signalizace a vytvořená prostřednictvím programu Adobe Animate CC 2021 (21.0). Animace se skládá ze tří dílčích animací, jež se věnují třem typům signalizace buněk (nervová signalizace, endokrinní signalizace prostřednictvím hydrofilního hormonu a endokrinní signalizace prostřednictvím lipofilního hormonu). Druhým materiálem je studijní text, který je primárně určen pro žáky. K výukovým materiálům byly sepsány didaktické poznámky a taktéž rozšiřující informace určené pro učitele.

Klíčová slova

Animace, Adobe Animate, Biochemie, Výuka, Střední škola, Buněčná signalizace

Abstract

This bachelor thesis focuses on the processing of educational materials (animation and educational text) to support the teaching of cell signalling. The created materials are primarily intended for students of higher grammar schools and chemically oriented secondary schools and they are aimed at teaching the subject of chemistry and biology.

The theoretical part of this bachelor thesis includes the definition of basic concepts of visualization, visual or animation. Subsequently, it deals in more detail with animations, their advantages and disadvantages in teaching and it also deals with the effectiveness of the use of animations in teaching and the variables that affect this effectiveness. This chapter also presents the criteria that should be fulfilled when creating an educational animation and subsequent inclusion in the teaching process. Furthermore, in this part, there is an analysis of curricular documents performed, which is the Framework Education Programme and the School Education Programme related to the topic of cell signaling.

The practical part is devoted to the analysis of already created videos freely available on the internet, which deal with the topic of cell signaling. Subsequently, it presents teaching materials that were created by the author of this work. The first teaching material is an educational animation compiled on the topic of cell signaling and created using the Adobe Animate CC 2021 (21.0) programme. The animation consists of three sub-animations, which are devoted to three types of cell signaling (nerve signaling, endocrine signaling through hydrophilic hormone and endocrine signaling through lipophilic hormone). The second material is an educational text, which is primarily intended for students. The educational materials include didactic notes and additional information for teachers.

Key words

Animation, Adobe Animate, Biochemistry, Education, High School, Signal Transduction

Seznam použitých zkratk:

ATP	adenosintrifosfát
cAMP	cyklický adenosinmonofosfát
DAG	diacylglycerol
DNA	deoxyribonukleová kyselina
RNA	ribonukleová kyselina
GDP	guanosindifosfát
GTP	guanosintrifosfát
G	gymnázium
IP3	inositol-1,4,5-trifosfát
mRNA	messenger ribonukleová kyselina
PI	fosfatidylinositol
RVP	Rámcový vzdělávací program
RVP G	Rámcový vzdělávací program pro gymnázia
ŠVP	Školní vzdělávací program

Obsah

1	ÚVOD	9
2	CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	10
3	TEORETICKÁ ČÁST	11
3.1	VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ	11
3.1.1	<i>Pojem vizualizace a její funkce</i>	<i>11</i>
3.1.1.1	Co je vizualizace a klíčový vizuál?	11
3.1.1.2	Jaké jsou typy vizualizace?	12
3.1.1.3	Ve kterých oborech se nejvíce uplatňuje dynamická vizualizace?	12
3.1.2	<i>Efektivita animací ve výuce a faktory, které ji ovlivňují</i>	<i>13</i>
3.1.2.1	Co je animace?	13
3.1.2.2	Využití animací ve výuce, pozitiva a negativa s tím spjatá	13
3.1.2.3	Jaká by (ne)měla být animace?	14
3.1.2.4	Jaká je efektivita animací a co ji ovlivňuje?	15
3.2	KURIKULÁRNÍ DOKUMENTY	16
3.2.1	<i>Rozbor RVP pro gymnázia</i>	<i>16</i>
3.2.2	<i>Rozbor ŠVP pro vybrané školy</i>	<i>17</i>
3.2.2.1	Gymnázium, Trutnov, Jiráskovo náměstí 325	17
3.2.2.2	Gymnázium, Praha 2, Botičská 1	18
3.2.2.3	Jazykové gymnázium Pavla Tigrida, Ostrava – Poruba	19
3.2.3	<i>Analýza ŠVP vybraných gymnázií – shrnutí</i>	<i>20</i>
3.3	ADOBE ANIMATE CC 2021 (21.0)	20
3.3.1	<i>Vytváření a publikování v HTML 5 Canvas, kód JavaScriptu</i>	<i>20</i>
3.3.2	<i>Popis programu Adobe Animate CC</i>	<i>21</i>
3.4	GRAFICKÉ ON-LINE STUDIO CANVA	22
3.5	KRITÉRIA PRO HODNOCENÍ VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ	23
4	PRAKTICKÁ ČÁST	24
4.1	REŠERŠE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ NA TÉMA BUNĚČNÁ SIGNALIZACE	24
4.1.1	<i>Signal Transduction Pathway</i>	<i>24</i>
4.1.2	<i>How a synapse works</i>	<i>27</i>
4.1.3	<i>G-protein signaling</i>	<i>29</i>
4.1.4	<i>Insulin signaling (signal pathways)</i>	<i>30</i>
4.1.5	<i>Závěr analýzy videí na téma buněčná signalizace</i>	<i>33</i>
4.2	MATERIÁLY PRO PODPORU VÝUKY TÉMATU BUNĚČNÁ SIGNALIZACE	33
4.2.1	<i>Cíl materiálů a jejich pojetí ve výuce</i>	<i>34</i>
4.2.2	<i>Výuková animace</i>	<i>34</i>

4.2.2.1	Charakteristika výukové animace	34
4.2.2.2	Použitý kód JavaScriptu.....	36
4.2.3	<i>Studijní text</i>	37
4.2.3.1	Buněčná signalizace	38
4.2.3.2	Synaptický přenos	39
4.2.3.3	Hormony a endokrinní signalizace	42
4.2.3.4	Otázky k procvičení	49
4.2.4	<i>Rozšiřující informace k výukovým materiálům</i>	50
4.2.4.1	Nervová signalizace - synaptický přenos	50
4.2.4.2	Hormony a endokrinní signalizace	50
5	DISKUSE	52
6	ZÁVĚR	56
7	POUŽITÉ ZDROJE	58
8	PŘÍLOHY	1
	PŘÍLOHA Č. 1: JAVASCRIPT VÝUKOVÉ ANIMACE	2

1 Úvod

Chemie jako vzdělávací obor předkládá učivo, které může být pro většinu žáků velmi abstraktní. To může být důvodem, proč žáci předmět chemie vnímají jako neoblíbený (Svoboda & Höfer & Mechlová, 2004), obtížný a náročný na porozumění (Halúzka, 2015). Didaktické výzkumy dokonce podložily, že nedostatečné porozumění učivu silně souvisí nejen se ztrátou zájmu žáka o probíranou látku, ale zároveň s nepocit'ováním významu této látky pro žáky (Halúzka, 2015).

Abstraktnost předmětu je možné redukovat tím, že vyučující ve svých vyučovacích hodinách používá vhodné vizualizační pomůcky, které učivo konkretizují (například animace). Pokud se navíc jedná o interaktivní vyučovací pomůcky a/nebo učitel volí vhodné aktivizující metody, je velmi pravděpodobné, že žáci dané látky lépe porozumí, což povede k růstu zájmu žáka o probíraný předmět.

V dnešní době existuje mnoho především internetových zdrojů, ze kterých lze didaktické materiály čerpat a následně využít ve výuce chemie. Jedná se především o videa, animace, ale též prezentace či komplexnější vzdělávací webové portály. Nicméně je zapotřebí, aby učitel tyto pomůcky vybíral velmi uvážlivě vzhledem k mnohým, na internetu se vyskytujícím chybám.

Důležitým faktorem pro zvýšení zájmu žáka o probíraný předmět je kromě využívání vizuálních pomůcek ve výuce též využití potenciálu mezipředmětového charakteru probíraných témat (Hejnová, 2011).

Zpracovávaným tématem v předkládané bakalářské práci je buněčná signalizace. Toto téma bylo vybráno z toho důvodu, že vytváří mezipředmětové vztahy, tedy propojuje předměty chemie a biologie. Hlavním cílem této práce je tvorba animací na dané téma. Animace by měly sloužit jako výukový materiál pro učitele chemie a biologie, který učivo obohatí a zároveň ho budou moci ve svých vyučovacích hodinách využívat. Výukové animace mohou sloužit nejen učitelům, ale také žákům jako studijní materiál pro lepší pochopení dané problematiky v předmětu.

2 Cíle bakalářské práce

Cíle bakalářské práce jsou:

- Vymezit základní pojmy (vizualizace, dynamická vizualizace, animace) a na základě dosavadní literatury shrnout, jaké faktory mají vliv na efektivitu používání animací ve výuce.
- Provést analýzu kurikulárních dokumentů, tedy rámcového vzdělávacího programu a školního vzdělávacího programu na úrovni středních škol ve vztahu k biochemickému tématu – buněčná signalizace.
- Sepsat analýzu vybraných vizualizačních pomůcek (animací a videí), které se vztahují k výše uvedenému tématu. Mezi analyzované výukové materiály budou patřit vybrané běžně dostupné animace a videa.
- Vytvořit interaktivní animace na téma buněčná signalizace, které mohou být vzhledem k mezioborovému přesahu využity jak ve výuce předmětu chemie, tak předmětu biologie na středních školách.
- Doplnit vytvořené animace o metodického průvodce pro učitele včetně sepsaného studijního textu.

3 Teoretická část

První kapitola teoretické části obsahuje vymezení v práci používaných základních pojmů: vizualizace a animace včetně jejich funkcí. Druhá kapitola teoretické části se zabývá analyzovaným tématem buněčná signalizace. Nastiňuje jeho mezipředmětový charakter a analyzuje zastoupení tohoto tématu v rámcových vzdělávacích programech (RVP) a také ve školních vzdělávacích programech (ŠVP) vybraných gymnázií a jiných středních škol s různým zaměřením. Třetí kapitola teoretické části rámcově představuje animační software Adobe Animate CC 2021, který byl použit ke tvorbě animací, jež vznikly v rámci předkládané bakalářské práce. Čtvrtá kapitola stručně popisuje on-line grafické studio Canva, jež bylo využito při tvorbě studijního textu. Poslední (pátá) kapitola uvádí souhrn hodnotících kritérií, které byly použity při hodnocení dostupných vzdělávacích materiálů (především videí).

3.1 Vymezení základních pojmů

Úvodní text první kapitoly teoretické části se bude zabývat vymezením pojmů vizualizace a animace ve výuce chemie.

3.1.1 Pojem vizualizace a její funkce

3.1.1.1 Co je vizualizace a klíčový vizuál?

Vizualizace (z lat. *Visus* – zrak) je *operace transformující strukturu a systém určitého jevu a jeho charakteristické vlastnosti do zrakově vnímatelné podoby* (Spousta, 2004). Vizualizace je názorné vyjádření vztahů mezi pojmy. Aby žáci pochopili obsah předávaných informací, potřebujeme, aby daná vizualizace nabízela obsahované informace, které chceme předat, dále aby napomáhala strukturování myšlenek či získaných informací a též aby podporovala rozvoj slovní zásoby a i vyjádření získaných informací. Vizualizace, která plní tyto kritéria, se nazývá klíčový vizuál (vychází z teorie Mohana o vědomostních strukturách). Ten usnadňuje žákům rychlejší a přesnější pochopení obsahu učiva. Dává žákům schopnost o daném tématu mluvit. Rozvíjí slovní zásobu žáka a podporuje učení žáků s vizuálním stylem učení (Mohan, 1990). Tímto

pojmem se rozumí schopnost vytvářet vizuální představy ve svém vědomí a díky nim schopnost řešit různé problémové situace (Zinčenka, 1976). S tímto termínem také souvisí termín vizuální gramotnost, což označuje *soubor schopností a dovedností porozumět vizuálnímu materiálu, myslet a učit se v jeho termínech a používat ho při komunikaci s okolím* (Ausburn & Ausburn, 1978).

3.1.1.2 Jaké jsou typy vizualizace?

Vizualizace, jež se využívá ve výuce, se dělí na dva vizualizační prostředky, a to na vizualizaci statickou a vizualizaci dynamickou.

Vizualizace statická je buď dvourozměrná, tu najdeme nejčastěji v učebnicích a patří mezi ni například diagramy, obrázky doprovázející učební text nebo grafy vyjadřující různé závislosti. Dále sem patří graficky znázorněné objekty fotografiemi, které usnadňují žákům zapamatovat si učivo, tedy přebrat si ho do podoby, která je pro ně snáze zapamatovatelná. Další statickou vizualizací mohou být dnes velmi oblíbené myšlenkové mapy, které umožňují žákovi vyjádřit to, jak vnímat určitou situaci či téma. Zatímco do trojrozměrné statické vizualizace mohou patřit například kalotové či tyčinkové modely.

Naproti tomu dynamická vizualizace obsahuje grafické pohybové nebo přechodné informace, jednodušeji řečeno animace. Tyto animace mohou být opět dvourozměrné či trojrozměrné. Tento typ vizualizace obsahuje velmi často i interaktivní a audiovizuální prvky. Interaktivita je v pedagogickém slovníku definována jako „*vlastnost systému umožňující aktivní přizpůsobení se uživateli a jeho podíl na řízení průběhu jednotlivých procesů*“ (Průcha & Walterová & Mareš, 2009).

3.1.1.3 Ve kterých oborech se nejvíce uplatňuje dynamická vizualizace?

Dynamická vizualizace dovoluje žákům a studentům zkoumat objekty, které nelze prozkoumat hmatatelně. Objekty, které jsou abstraktní a neumí si je snadno představit. Proto je výrazně efektivnější vyučování pomocí dynamické vizualizace hlavně ve vědeckých oborech (McElhaney, Chang, Chiu & Linn, 2014). Ve fyzice, biologii nebo chemii jsou vizuální prostředky široce přijaty, jelikož je v těchto předmětech často požadováno pochopení komplexního systému, který se skládá z několika komponentů vyvíjejících se v čase. V mnoha případech vyžadují přírodní vědy složitější modely, které obsahují jak funkční, tak i časové a prostorové vztahy mezi složkami (Berney

& Betrancourt, 2016). Jako příklad lze uvést ukázkou z článku „*Using Computer Animation and Illustration Activities to Improve High School Students' Achievement in Molecular Genetics*“, týkající se molekulární genetiky, kde je důležité pochopit strukturu DNA a RNA, což je klíčové k pochopení jejich funkcí. Grafické znázornění této struktury pomocí dynamické vizualizace pomůže zorganizovat sled malých kousků informací do velkého řetězce (Marbach-Ad, Rotbain & Stavy, 2008).

3.1.2 Efektivita animací ve výuce a faktory, které ji ovlivňují

3.1.2.1 Co je animace?

Animace či výukové animace, jak již bylo zmíněno výše, patří mezi dynamické vizualizační prostředky. Tyto vizualizace mají grafickou podobu, kde je děj zobrazen pomocí pohyblivých snímků (Schönborn & Anderson, 2005). Princip animace znázorňuje návaznost za sebou jdoucích sekvencí snímků, které jsou přehrávány takovou rychlostí, aby byl pohyb plynulý.

3.1.2.2 Využití animací ve výuce, pozitiva a negativa s tím spjatá

Animace lze ve výuce využít k několika účelům. Tím, že animace na žáky působí velmi atraktivně a dokáže je namotivovat, je velmi často využívána například k získání jejich pozornosti nebo k předvedení postupů, které si má žák zapamatovat či provést. Také může pomoci žákům pochopit fungování dynamických prostředků jako sled informací, který se mění v čase, což vyučujícímu vysvětlování obtížné látky značně ulehčí. Tento účel se v praxi používá asi nejčastěji (Berney & Betrancourt, 2016).

Další pozitiva animací jsou, krom schopnosti popsat prostorové uspořádání jednotlivých struktur (Bétrancourt & Tversky, 2000), také pochopení učiva, dovysvětlení a spojení si všech informací jako jednoho celku.

Animace mohou být tvořeny interaktivně, a to tak, že mohou obsahovat možnosti pozastavení animace, vrácení zpět, zpomalení a další. Právě díky těmto možnostem se žák může, když látku zcela nepochopí, případně vrátit a přehrát si ji znova.

Na druhou stranu ale animace nemusí být vždy efektivní. A to z důvodu její přechodné povahy, tedy prostředí animace, kde děj neustále mizí a zase se objevuje. To

může způsobit, že ve výsledku žák nestihne v daném čase látku pochopit, neboť se zvyšuje kognitivní zátěž na žáka (Berney & Betrancourt, 2016; Castro-Alonso, Wong, Adesope & Ayres, 2019; Kaushal & Panda, 2019). Také z výzkumu autorek Bétrancourt a Tversky je jasné, že animace nemají pouze pozitivní dopady ve výuce. Animace může spadat do krátkodobé paměti žáků, kde setrvají jen na malou chvíli a jsou následně vytěsněny informací jinou (Bétrancourt & Tversky, 2000). Dalším negativem může být také komplexita animace, která je pro žáky příliš složitá. To způsobuje rozdělení pozornosti žáků, kdy následně dochází k tomu, že žák nedokáže zachytit informace z dané animace, které by měl (Lowe, 2003).

3.1.2.3 *Jaká by (ne)měla být animace?*

Animace by měla být interaktivní, obohacená funkcemi, pomocí kterých lze korigovat její tempo, přibližovat a oddalovat ji či pozastavit nebo přehrát znovu. To jsou funkce, které žákům výuku usnadňují a zároveň zvyšují jejich aktivitu. Je velmi důležité udržovat žáky a studenty v interaktivní cestě (Berney & Betrancourt, 2016).

Zároveň by měla být nápomocná k pochopení složitějších kapitol ve výuce, ale neměla by žákům učivo příliš zjednodušit. Mohlo by tak dojít k zanedbání důležitých skutečností, proč k takovému jevu doopravdy dochází. Na druhu stranu by neměla být ani příliš složitá, protože jakmile je objektů v animaci více a pohybují se v ní současně, žáci svou pozornost rozdělí, což znamená, že nezachytí všechny požadované informace (Lowe, 2003).

Efektivitu animace ve vzdělávání popisuje následující přehled z článku *Developing and Using Conceptual Computer Animations for Chemistry Instruction* (Burke & Greenbowe & Windschitl, 1998). Ten zahrnuje základní důležité body k vytvoření takové animace, aby plnila svůj účel. Vybrány byly nejdůležitější body, které jsou zároveň doplněné poznámkami autorky této bakalářské práce:

1. Animace bude efektivní, jestliže bude obsahovat ovládací panel s možnostmi pozastavení, přetočení, přehrání či úplného zastavení. To zajistí aktivitu žáka při výuce.
2. Animace bude efektivní, jestliže nebude příliš dlouhá, či naopak moc krátká.
3. Animace bude efektivní, jestliže bude obsahovat fakta či přesné informace.
4. Animace bude efektivní, jestliže bude mít plynulý pohyb.

5. Animace bude efektivní, jestliže bude obsahovat doprovodný text a nějaké informace nebo nějaký komentář například přímo od vyučujícího.
6. Animace bude efektivní, jestliže bude moci být spuštěna na daném přehrávači v počítači.

Dle výsledků meta-analýzy autorek Berney a Bétrancourt (Berney & Bétrancourt, 2016) dále vyplynulo, že animace bude efektivnější, pokud obsahuje mluvený komentář.

Vhodnými aspekty vizualizačního materiálu, tedy i animace, se též zabýval Bílek ve své publikaci *Vybrané aspekty vizualizace učiva přírodovědných předmětů* (Bílek, 2007). Autor této publikace navrhl sadu kritérií, které by výuková animace měla splňovat (více viz kapitola 3.5). Podle těchto kritérií postupovala při tvorbě animace i autorka této bakalářské práce.

3.1.2.4 *Jaká je efektivita animací a co ji ovlivňuje?*

Zahraniční články, které se týkají efektivity animací ve výuce, velmi často prezentují studie, které porovnávaly dynamickou vizualizaci (reprezentovanou nejčastěji animacemi) s vizualizací statickou. Z rešerše výsledků několika meta-analýz vyplynulo, že dynamické vizualizace (reprezentované nejčastěji animacemi) všeobecně výuku zefektivňují (Berney & Bétrancourt, 2016, Castro-Alonso, Wong, Adesope, Ayres & Paas, 2019, Höffler & Leutner, 2007), nicméně výsledky nejsou shodné (Kaushal & Panda, 2019). Z toho důvodu výzkumníci hledají a zkoumají faktory (takzvané potenciální moderátory či moderátorské proměnné), které významně ovlivňují efektivitu dynamické vizualizace ve výuce.

Podle autorů Höfflera a Leutnera (2011) je jedním z těchto faktorů prostorová představivost žáků. Autoři zjistili, že žáci s menší prostorovou představivostí dosahovali horších studijních výsledků, když se učili ze statických obrázků ve srovnání s těmi, kteří se učili prostřednictvím animací. Zatímco u žáků s lepší prostorovou představivostí nebyl rozdíl patrný.

Autoři Kaushal a Panda (2019) zase analyzovali vliv předchozích znalostí. Ve své studii prokázali, že učební materiál, jako je animace, má negativní dopad na výsledky žáka v případě, že nebyl s učivem předtím obeznámen, tudíž pro žáky bez předchozích znalostí učiva. Naopak pozitivní dopad mají animace na žáky, kteří učivo již probírali.

Tím pádem znalosti, které žák získá předtím, než zhlédne animaci, jsou klíčovým faktorem k porozumění animace (Kaushal & Panda, 2019).

Efektivita dynamických vizualizací záleží také na pohlaví. Vyšší efektivita byla zaznamenána u mužského pohlaví. Autoři výzkumu to vysvětlují v souvislosti s výše zmíněnou prostorovou představivostí, která je všeobecně u žen na nižší úrovni než u mužů (Castro-Alonso, Wong, Adesope & Ayres, 2019).

Dalším faktorem, který ovlivňuje efektivitu animací ve výuce, je stupeň vzdělání, respektive věk žáků/studentů. Literatura totiž poukazuje na to, že videa či animace mají pozitivní efekt u většiny žáků, studentů univerzit, i u dospělých, ale například někteří mladší žáci si nedokáží ze zážitku z těchto animací vzít žádné ponaučení. Proto efektivita použití animací ve výuce závisí na vývoji žáka/studenta (Castro-Alonso et al., 2019).

Jiný faktor, který významně ovlivňuje efektivitu animací, je studovaný předmět či dokonce studované téma (Castro-Alonso et al., 2019).

Celkově lze však shrnout, že styl výuky, který je na animacích založený, je efektivní hlavně pro témata, která vyžadují změnu v čase a prostoru. Například pro nějaké cykly, děje nebo procesy.

3.2 Kurikulární dokumenty

Kapitola se zabývá analýzou kurikulárních dokumentů pro gymnázia ve vztahu k tématu biochemie, konkrétně buněčná signalizace. Kurikulární dokumenty jsou nyní vytvářeny na dvou úrovních, a to na úrovni státní a na úrovni školské. Mezi hlavní kurikulární dokumenty státní patří rámcové vzdělávací programy (RVP), které přesně určují nejvyšší úroveň vzdělávání ve školství. Podle pevně daných pravidel v RVP si každá škola sestaví svůj vlastní programový dokument, který je vytvořen na úrovni školní, takzvaný školní vzdělávací program (ŠVP). Následující podkapitoly se zabývají rozbořem RVP pro gymnázia a rozbořem ŠVP vybraných gymnázií.

3.2.1 Rozbor RVP pro gymnázia

Rámcový vzdělávací program na čtyřletých gymnáziích a na vyšším stupni víceletých gymnázií je rozdělen na osm vzdělávacích oblastí. Chemie, konkrétně biochemie a biologie, spadá pod oblast s názvem *Člověk a příroda*. Obsah této oblasti se týká přírodních objektů, které vytvářejí systémy. Zkoumání přírody a těchto systémů tak

vyžaduje komplexní, tedy interdisciplinární přístup, což je spolupráce všech přírodovědných oborů a odstraňování bariér mezi nimi (MŠMT, 2007).

Téma buněčná signalizace není v RVP explicitně zmíněno, nicméně v oboru chemie i v oboru biologie lze najít očekávané výstupy, které jsou s tímto tématem spojeny. Očekávané výstupy, do kterých lze zařadit téma buněčná signalizace, jsou:

- v oboru chemie v části biochemie následující: „*Žák objasní strukturu a funkci sloučenin nezbytných pro důležité chemické procesy probíhající v organismech.*“, „*Žák charakterizuje základní metabolické procesy a jejich význam.*“.
- v oboru biologie v části obecná biologie následující: „*Žák objasní stavbu a funkci strukturních složek a životní projevy prokaryotních a eukaryotních buněk.*“ (MŠMT, 2007).

3.2.2 Rozbor ŠVP pro vybrané školy

Školní vzdělávací program (ŠVP) je kurikulární dokument na školní úrovni. V této kapitole se zaměříme na analýzu vzdělávacích plánů vybraných gymnázií. Aby se dal porovnávat obsah učiva, byla vybrána gymnázia s různým zaměřením. V ŠVP bylo pozorováno téma buněčná signalizace jak v oboru chemie, tak v oboru biologie.

Vybrané školy:

- Gymnázium Trutnov, Jiráskovo náměstí 325 – všeobecné gymnázium
- Gymnázium, Praha 2, Botičská – přírodovědné gymnázium
- Jazykové gymnázium Pavla Tigrida, Ostrava – Poruba – jazykové gymnázium

3.2.2.1 Gymnázium, Trutnov, Jiráskovo náměstí 325

Gymnázium, Trutnov, Jiráskovo náměstí 325 je všeobecné gymnázium, které poskytuje střední vzdělání s maturitou jak v osmiletém, tak ve čtyřletém studiu. Školní vzdělávací programy se pro vyšší stupeň osmiletého gymnázia a čtyřleté gymnázium příliš neliší. Předmět biologie je v obou případech na tomto gymnáziu vyučován v prvním až čtvrtém ročníku, kdy týdenní hodinová dotace jsou dvě vyučovací hodiny. To samé platí pro předmět chemie, s rozdílem, že se ve čtvrtém ročníku povinně nevyučuje. Oba předměty zahrnují laboratorní cvičení v rozsahu dvou hodin za šest týdnů. Výuka chemie i biologie pokračuje jako dvouletý povinně volitelný předmět Chemie volitelná a Biologie volitelná pro třetí a čtvrtý ročník čtyřletého studia a septimu a oktávu osmiletého studia,

s dotací tři hodiny týdně. Dále pak ještě jako jednoletý volitelný předmět Seminář z chemie a Seminář z biologie pro čtvrtý ročník čtyřletého studia a oktávu osmiletého studia, s dotací dvě hodiny týdně (ŠVP Gymnázia Trutnov, 2018). V ŠVP je v rámci předmětu Biologie volitelná uveden v třetím ročníku očekávaný výstup:

- „Žák chápe biochemické pochody v buňce.“

a v rámci předmětu Chemie volitelná je ve čtvrtém ročníku uveden očekávaný výstup:

- „Žák zná působení hormonů na biochemické děje v organismu.“

Dále v rámci předmětu Biologie je ve třetím ročníku očekávaný výstup žáka:

- „Žák chápe propojení nervové a endokrinní soustavy při řízení všech orgánových soustav.“

I přesto, že buněčná signalizace, či komunikace není v ŠVP školy zmíněna přímo, je možné toto téma a s ním očekávané výstupy zařadit mezi výstupy, vyskytující se v ŠVP školy uvedené výše.

3.2.2.2 Gymnázium, Praha 2, Botičská 1

Gymnázium, Praha 2, Botičská 1 je přírodovědné čtyřleté gymnázium, které poskytuje střední vzdělání s maturitou. Vzhledem k tomu, že gymnázium je přírodovědně zaměřené, patří chemie a biologie k profilovým předmětům a je jim věnována větší pozornost.

Biologie se na této škole vyučuje celé čtyři roky. V prvním ročníku mají žáci tři vyučovací hodiny týdně, v druhém a třetím dvě a půl hodiny a ve čtvrtém ročníku pouze jednu vyučovací hodinu týdně. Součástí výuky biologie jsou také laboratorní cvičení, která v prvním ročníku probíhají jednou za čtrnáct dní a ve druhém a třetím pouze jednou za měsíc.

Chemie se vyučuje v 1prvním až třetím ročníku. V každém z nich je časová dotace dvě vyučovací hodiny týdně. Opět jsou součástí výuky laboratorní cvičení, na která připadá v prvních dvou letech 0,5 h/týden a v třetím roce 1 h/týden.

Obou předmětů se týkají volitelné přírodovědné semináře a semináře zaměřené na různé chemické či biologické podobory, jako například: analytická chemie, toxikologie či biochemie (ŠVP Gymnázia Botičská, 2019).

Téma buněčná signalizace opět není v ŠVP školy konkretizováno, avšak lze ho i s jeho výstupy zařadit mezi výstupy následující. V ŠVP školy je v rámci předmětu Chemie uveden v třetím ročníku očekávaný výstup:

- „Žák vysvětlí fungování organismů z hlediska výměny energií a látek.“

V rámci předmětu Biologie je pak v prvním ročníku uveden očekávaný výstup:

- „Žák porovná stavbu, funkce a životní projevy prokaryotní a eukaryotní buňky, zhodnotí význam a funkci buněčných organel.“
- „Žák popíše základní mechanismy příjmu a výdeje látek buňkou.“

3.2.2.3 Jazykové gymnázium Pavla Tigrida, Ostrava – Poruba

Jazykové gymnázium Pavla Tigrida je čtyřleté i šestileté jazykové gymnázium, které též poskytuje středoškolské vzdělání a je zakončeno maturitní zkouškou. ŠVP šestiletého gymnázia se opět od čtyřletého gymnázia příliš neliší. Předmět Chemie je povinně vyučován v prvních třech letech studia, a to s časovou dotací dvě vyučovací hodiny týdně. Předmět Biologie taktéž (ŠVP Jazykového gymnázia Pavla Tigrida, 2019).

Výuka chemie může být doplněna demonstračními pokusy a praktickými cvičeními. Na předmět dále navazuje volitelný předmět Chemický seminář ve čtvrtém ročníku anebo také dvouletý volitelný seminář Praktická cvičení z fyziky a chemie, který probíhá ve třetím a čtvrtém ročníku.

Výuka biologie je též doplněna laboratorními pracemi. Žáci, kteří se zajímají o biologii více, mají možnost doplnit své vědomosti seminářem, který je vyučován ve třetím a čtvrtém ročníku. Tento seminář má hodinovou dotaci dvě hodiny týdně.

Jako na předchozích školách nebylo téma buněčná signalizace přímo zmíněno, ale opět se dají výstupy s tímto tématem spojené zařadit do výstupů následujících. V předmětu Chemie se u třetího ročníku v ŠVP (ŠVP Jazykového gymnázia Pavla Tigrida, 2019) vyskytují výstupy:

- „Žák objasní strukturu a funkci sloučenin nezbytných pro důležité chemické procesy probíhající v organismech.“

U předmětu Biologie byly v prvním ročníku zmíněny výstupy následující:

- „Žák objasní stavbu a funkci strukturních složek a životní projevy prokaryotických a eukaryotických buněk.“

3.2.3 Analýza ŠVP vybraných gymnázií – shrnutí

Analýza se týkala tří vybraných gymnázií, a to všeobecného gymnázia, přírodovědného gymnázia a jazykového gymnázia. Dá se tedy očekávat, že každé gymnázium nevěnuje předmětům chemie a biologie ve svém vzdělávání stejně času. Z ŠVP těchto tří škol je patrné, že gymnázium, které je na přírodní vědy zaměřeno, se chemii a biologii věnuje nejvíce. Naproti tomu jazykové gymnázium se těmto předmětům věnuje nejméně. V žádném z analyzovaných ŠVP není téma buněčná signalizace konkrétně uvedeno. Ovšem obsahují obecnější očekávané výstupy, které jsou s tímto tématem spojené, tudíž lze toto téma a jeho očekávané výstupy zařadit do výstupu již zmíněných v předchozích jednotlivých analýzách.

3.3 Adobe Animate CC 2021 (21.0)

Software Adobe Animate CC (dříve také známý jako Adobe Flash Professional) je program, díky kterému lze vytvořit interaktivní animace a videa. Program patří do kolekce více než dvaceti aplikací Adobe Creative Cloud, která spadá pod společnost nesoucí název Adobe Inc. Ta se zaměřuje na počítačovou grafiku a digitální marketing. Adobe Inc. umožňuje předplatitelům vstup do této kolekce Adobe Creative Cloud (Adobe, 2021).

Přímo program Adobe Animate CC umožňuje uživatelům vytvářet multimédia a počítačové animace. Používá se k navrhování vektorové grafiky, a kromě animací a online videí také k vytváření webových stránek či videoher (Adobe, 2021).

3.3.1 Vytváření a publikování v HTML 5 Canvas, kód JavaScriptu

Animace vytvořené v programu Adobe Animate CC lze vytvářet a následně publikovat ve více formátech (ve více typech souborů), z nichž každý má jiný účel:

- Soubor FLA je takzvaně pracovní verze, která se může dále upravovat. Otevře ho ale pouze uživatel, který má program Animate CC nainstalovaný. Soubor FLA obsahuje základní média, časovou osu a informace ve skriptech pro dokument Animate (viz dále kapitola 3.3.2). Do dokumentu lze přidat kód v jazyce ActionScript či JavaScript, což umožní výslednou animaci ovládat, tedy učinit z ní interaktivní soubor.

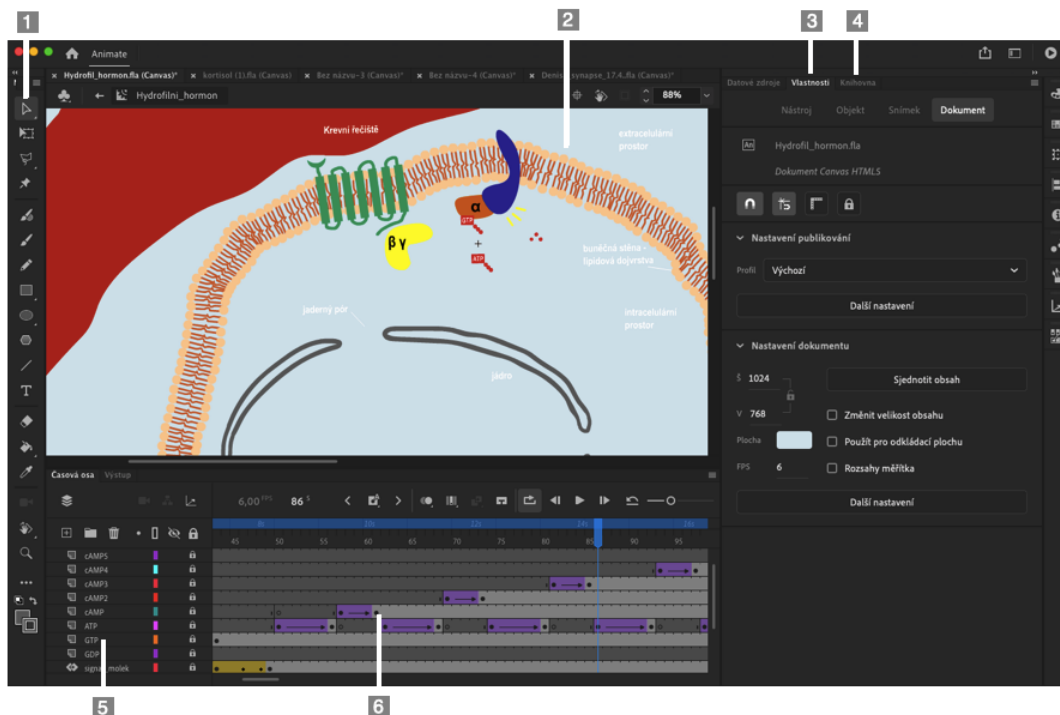
- Soubor SWF je zkomprimovaná verze souboru FLA, kterou již nelze upravovat. Obsahuje finální grafickou podobu (například vektorovou i textovou), interaktivní obsah napsaný v jazyce ActionScript a popřípadě další složky (zvuk, video a podobně.). Tento soubor lze přehrávat v přehrávači Flash Player. Nicméně společnost Adobe Flash Player po 31. prosinci 2020 přestala podporovat. Společnost též doporučuje všem uživatelům, aby Flash Player odinstalovali (Adobe, 2021) .
- Soubor HTML (verze 5) umožní přehrání vytvořené animace pomocí internetového prohlížeče. Publikovaný dokument obsahuje soubor HTML, který obsahuje veškeré grafické prvky animace, tedy tvary, objekty a kresby v elementu Canvas. (Canvas je nový element – HTML prvek zahrnutý ve specifikaci HTML5. Jedná se o „kreslicí plátno“, konkrétně o obdélník umístěný na webové stránce. Slouží, s využitím JavaScriptu, k dynamickému a interaktivnímu vykreslení bitmap.).
- Soubor JS je textový soubor obsahující kód programovacího jazyka JavaScriptu. V tomto souboru jsou zapsány všechny kódy, které jsou důležité pro správnou funkci a též interaktivitu animace (například příkazy po kliknutí myši na animační tlačítko a podobně.). Skript se standardně vkládá mezi značky `<script>` a `</script>` a přímo se zapisuje do HTML kódu souboru.

Díky souborům HTML a JS lze animace přehrát jako celek. (Adobe, 2021).

3.3.2 Popis programu Adobe Animate CC

Okno programu se skládá z pracovní plochy (obrázek č. 1), na které jsou různé panely. Jedním z panelů je *Časová osa*, která je rozdělena na snímky. Tato osa je umístěna pod plátnem, což je plocha, na které se animace tvoří a následně přehrává. Součástí časové osy jsou také vrstvy, kde každá vrstva obsahuje jiný objekt a tím se od sebe objekty dají oddělit. Také platí, že objekty ve výše položených vrstvách se zobrazují před objekty v nižších vrstvách. Dalším panelem jsou *Nástroje*, mezi které patří například štětec, různé tvary, guma, text, čára a další. Tyto nástroje slouží k vytváření objektů a přidávání textového pole. Do panelu *Knihovna* se všechny vytvořené symboly (grafika, filmový klip, tlačítka) ukládají a dají se opakovaně používat s tím, že jestliže mají nějakou funkci, tak jim zůstává nadále. V panelu *Vlastnosti* se dá daný dokument či pouze objekt upravovat. Upravuje se zde také publikování dokumentu.

Důležitým panelem je v Adobe Animate panel *Akce*, který lze otevřít pomocí klávesnice F9. Akce nám vytváří interaktivitu animace, a to pomocí příkazů v již zmíněném programovacím jazyce JavaScript. Příkazy, které byly použity pro interaktivitu nově vytvořených animací (kap. 4.2.2.), jsou zaznamenány v kapitole 4.2.2.2.



Obrázek č. 1 – Popis plochy programu Adobe Animate CC 2021: 1 – panel *Nástroje*, 2 – pracovní plocha, 3 – panel *Vlastnosti*, 4 – panel *Knihovna*, 5 – vrstvy časové osy, 6 – klíčový snímek

3.4 Grafické on-line studio Canva

Grafické on-line studio Canva je grafický editor dostupný na webové stránce https://www.canva.com/cs_cz/. Jedná se o webový nástroj, který slouží jako platforma, na které lze vytvářet dokumenty, grafiky sociálních médií, prezentace a mnoho dalších esteticky vizuálních obsahů v rámci grafického designu, k čemuž slouží velké množství různých šablon. Ty uživatel může volně používat a upravovat si je podle sebe. Vytváření návrhů je velmi jednoduché, intuitivní a uživatelsky přívětivé. Uživatelé taktéž jistě ocení, že základní funkce tohoto grafického editoru jsou zdarma. Grafické on-line studio lze také stáhnout do chytrých telefonů jako aplikaci.

Grafický editor Canva byl v rámci této bakalářské práce využit pro tvorbu studijních textů k výukovým videím (viz příloha č. 3).

3.5 Kritéria pro hodnocení výukových materiálů

Před samotnou tvorbou animace bylo zapotřebí zmapovat, jaká kritéria by měla splňovat, aby měla vhodný výukový potenciál. Autorka práce využila hodnotících kritérií, které sepsal Bílek ve své publikaci s názvem *Vybrané aspekty vizualizace učiva přírodovědných předmětů* (Bílek, 2007). Vzhledem k povaze analyzovaného tématu byla dle práce Šarbocha (2018) a Čermákové (2018) k hodnotícím kritériím taktéž přidána „interdisciplinarita“ a „doprovodný text“. Kritéria, která byla vybrána pro tvorbu výukové animace a též analýzu již hotových animací, jsou následující:

- 1) Didaktický kontext – Jestli animace navazuje na předchozí učivo a připravuje na učivo následující.
- 2) Estetická kvalita – Vhodný výběr zanimování z hlediska grafiky a estetiky.
- 3) Výběr obsahu a jeho redukce – Je třeba, aby animace odpovídala náročností a množstvím informací cílové skupině žáků.
- 4) Vědecké standardy – V animaci musí být pravdivé a faktické informace. Musí být správně.
- 5) Učební aktivity – Jaké se v animaci objevují interaktivní prvky.
- 6) Interdisciplinarita – Propojení a spolupráce biologické a chemické složky tématu.
- 7) Doprovodný text – Jestliže daná animace obsahuje doprovodný text či komentář.

Animaci, která splňuje všechna tato kritéria, je velmi těžké vytvořit už jen kvůli propojení biologické a chemické složky a komplexitě tématu. Proto bylo před samotnou tvorbou animace cílem nejprve zanalyzovat na webových stránkách již dostupné animace a videa a posoudit jejich výhody či nevýhody. Na internetu se nachází mnoho různých animací a videí, která jsou volně dostupná a popisují téma buněčná signalizace či komunikace mezi buňkami. Tyto materiály se dají využít při výuce jako vizualizační prostředek. Vybraná videa či animace byla analyzována a následně posuzována na základě výše uvedených hodnotících kritérií (1 až 7).

4 Praktická část

První kapitola praktické části je zaměřena na analýzu dostupných didaktických materiálů – dynamických vizualizačních pomůcek, které učitelé mohou využít pro výuku analyzovaného tématu jak v předmětu chemie, tak v předmětu biologie. Konkrétně jsou v ní sledovány animace, videa, výukové webové stránky a jiné, v dnešní době dostupné vizualizační pomůcky. Druhá kapitola praktické části se věnuje samotnému vytvoření materiálů pro podporu výuky tématu buněčná signalizace, konkrétně k vytvoření animace a sepsání studijního textu.

4.1 Rešerše výukových materiálů na téma buněčná signalizace

Celkově byla analyzována čtyři videa, která byla všechna nalezena volně na internetu.

4.1.1 Signal Transduction Pathway

Video *Signal Transduction Pathway* (Freeman and Company, n.d.) bylo nalezeno a automaticky staženo na internetu, po zadání hesla „cell signaling animation“. K němu byly zveřejněny i skripta (Freeman and Company, n.d.) popisující krok po kroku signalizaci v buňce pomocí receptorů spojených s G-proteiny.

Níže je uvedeno slovní hodnocení dle kritérií uvedených v kapitole 3.5.

1) Didaktický kontext

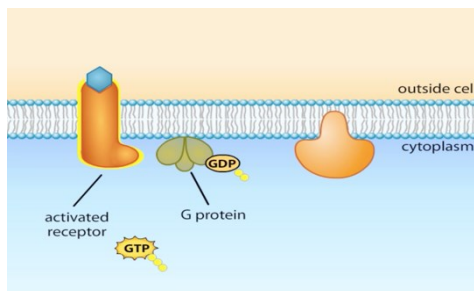
Video obsahuje anglicky mluvené slovo, což přesně odpovídá textu ve skriptech. Bylo vytvořeno jako vizualizační doplnění ke knize z portálu Macmillan international higher education. Tento portál slouží jako vydavatel učebnic a učebních zdrojů pro žáky i studenty. Jeho zásadou je mimo jiné i podpora učebnic pomocí vytváření interaktivních animací či videí. K videu je přiložen odkaz na učebnici, konkrétně na kapitolu s názvem Concept 5.6 Signal Transduction Allows the Cell to Respond to Its Environment (Macmillan International Higher Education. n.d.).

2) Estetická kvalita

Video jako takové je z hlediska estetiky a grafiky zpracováno jednoduše a srozumitelně a vysvětluje situaci, která v něm je vyobrazena.

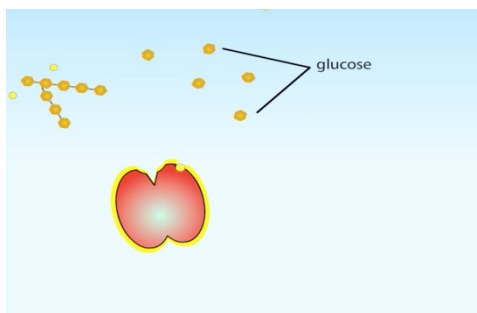
3) Výběr obsahu a jeho redukce

Video začíná navázáním epinefrinu na receptor umístěný v buněčné membráně, který je přímo určený k tomuto navázání. Hormon tak receptor přemění na aktivní a ten změní svůj tvar (obrázek č. 2). Následuje kaskáda událostí, počínaje aktivací G-proteinu. Co se týče G proteinů, na středních školách se toto téma vyučuje spíše v seminářích chemie či biologie. Toto téma spadá až do vysokoškolského učiva, tudíž informace z tohoto videa mohou být pro žáky středních škol v klasických hodinách chemie a biologie nadbytečné.



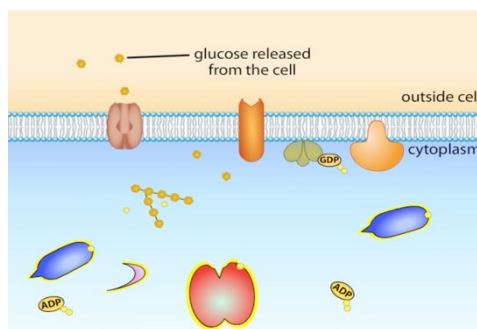
Obrázek č. 2: Aktivace a změna tvaru receptoru pomocí hormonu (W.H. Freeman, n.d.).

Pro žáky středních škol může ovšem být zajímavý a do výuky podnětný konec tohoto videa, tedy k čemu tato signalizace spřažená s G-proteiny může vést. Po několika událostech ve videu je aktivován enzym nazývaný glykogenfosforylasa, který štěpí glykogen na molekuly glukosy, které poté přes plasmatickou membránu buňky vstupují do krevního řečiště a jsou přijímány jinými buňkami, které je potřebují (obrázek č. 3).



Obrázek č. 3: Molekuly glukosy štěpené enzymem glykogenfosforylasou (W.H. Freeman, n.d.).

Celý tento sled informací je vyvolán hormonem epinefrinem/adrenalinem. Na konci videa je pohled oddálen a můžeme v něm vidět celý sled událostí, včetně transportu molekul glukosy skrze plasmatickou membránu ven z buňky do krevního řečiště (obrázek č. 4).



Obrázek č. 4: shrnutí signální dráhy (W.H. Freeman, n.d.).

4) Vědecké standardy

Fakta ve videu jsou správná, jen jak už bylo zmíněno, pro úroveň střední školy je informací příliš mnoho. Na seminářích a volitelných předmětech chemie či biologie se ovšem učivo objevuje.

5) Učební aktivity

Video je zpracováno přehledně, srozumitelně a dá se snadno ovládat. Nicméně stále se nejedná o interaktivní animaci.

6) Interdisciplinarita

Ve videu se interdisciplinarita či vztahy mezi předměty biologie a chemie vyskytují. Obecně je tato látka probírána spíše v biologii buňky. Co se chemie týče, objevují se ve videu enzymy a chemické sloučeniny, jejichž struktury ale znázorněny nejsou, pouze graficky, nikoliv pomocí vzorců. Převládá tedy spíše složka biologická, jako je například znázornění prostředí v buňce i vně buňky či proces v buňce jako takový.

7) Doprovodný text

Ve videu se objevují spolu s mluveným slovem i heslovité popisky, jak lze vidět na *obrázcích č. 2, 3 a 4*. Tyto popisky jsou nápomocné k zapamatování si dané látky o něco lépe, protože žák v danou chvíli používá více smyslů najednou. Zároveň vysvětlovanou látku slyší i vidí.

Tím, že je video okomentováno a jsou k němu skripta, tak je ideálním zdrojem pro výuku tohoto tématu. Problémem pro české žáky a studenty může být anglický jazyk.

4.1.2 How a synapse works

How a synapse works (HarvardX, 2017) je video volně dostupné na internetovém serveru YouTube a na portálu edX, což je americký poskytovatel otevřených online kurzů, který je vytvořený Univerzitou Harvard a MIT (Massachusetts Institute of Technology). Toto video spadá konkrétně do kurzu, který se nazývá Fundamentals of Neuroscience. Harvardská univerzita se věnuje učení, výzkumu a rozvoji žáků/studentů, a proto vytvořila bezplatné online kurzy v různých předmětech, které mohou žáci i studenti využívat a mohou z nich čerpat informace (Harvard University, n.d.).

Níže je uvedeno slovní hodnocení dle kritérií uvedených v kapitole 3.5.

1) Didaktický kontext

Video je vytvořeno chronologicky, kdy nejprve danému tématu předchází zopakování si látky z minula, poté následuje plynulé navázání na látku následující a nakonec se zmíní látka, která se bude probírat příště.

2) Estetická kvalita

Z pohledu grafické stránky je video zpracováno originálně a líbivě.

3) Výběr obsahu a jeho redukce

Video se konkrétně vztahuje na nervovou formu signálu, tedy předání informace z neuronu do cílové buňky pomocí nervových mediátorů a napětím ovládanými Ca^{2+} kanály v synapsi. Odpovídá středoškolské náročnosti a množstvím informací cílové skupině žáků na úvod k danému tématu. Je ale graficky zjednodušené.

4) Vědecké standardy

Celý proces je ve videu popsán příliš zjednodušeně s faktickými nepřesnostmi. Ve videu je vysvětlováno, že se v nervových zakončeních elektrické signály přeměňují na chemické, ale není vysvětleno konkrétně, proč tomu tak je. Nebyly zmíněny důležité, napětím ovládané Ca^{2+} kanály, které tento děj zapříčiní. Dále není popsán klíčový nervový mediátor (neurotransmitter), který je ve videu zobrazován jako citoslovce vycházející z „úst“, která vyobrazují membránové synaptické váčky a následně je přijímán receptory v postsynaptické membráně cílové buňky, které ve videu znázorňují „uši“ (obrázek č. 5 a 6).



Obrázek č. 5, 6: Exocytosa neurotransmiteru synaptickými váčky a následný příjem receptory na membráně cílové buňky (HarvardX, 2017).

5) Učební aktivity

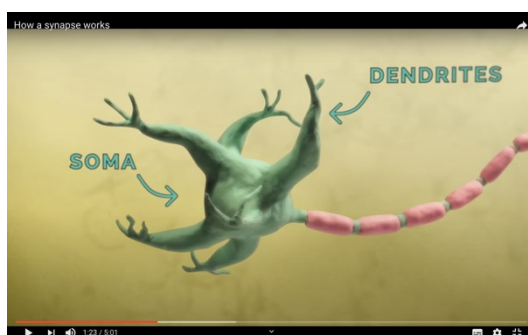
Jelikož je video volně dostupné na YouTube kanálu, lze ho ovládat jednoduše, tedy lze pozastavit, posouvat vpřed i zpět a přehrát znova. Nicméně stále se jedná pouze o video nikoli o animaci, která může nabídnout více interaktivity.

6) Interdisciplinarita

Jak už bylo uvedeno v kritériu „Vědecké standardy“, video bylo graficky zpracováno spíše v rámci zaujetí cílové skupiny a zjednodušení celého procesu. Co se týče biologické složky, je ve videu vysvětlena anatomie neuronové buňky, následně poté depolarizace membrány buňky, která iniciuje akční potenciál, což se přiklání spíše ke složce chemické. Probírané téma se obecně týká obou předmětů, jak biologie, tak chemie.

7) Doprovodný text

Video je doplněno mluveným slovem, které lze automaticky přepnout do titulků a také se v něm objevují heslovité popisky, například jednotlivých částí neuronu (obrázek č. 7).



Obrázek č. 7: Popis neuronu (HarvardX, 2017).

Video tedy určitě zaujme žáky a pomůže k zapamatování si základních informací dané látky, ale není dostačující a s faktickými nepřesnostmi. Mluvené slovo je v angličtině, tudíž pro žáky, kteří nerozumí anglicky, to může být obtížné.

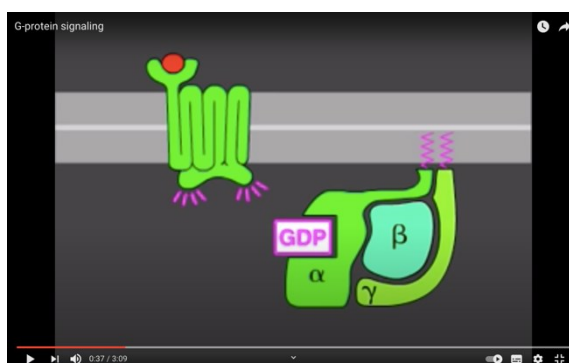
4.1.3 G-protein signaling

Video G-protein signaling (Slater: YouTube, 2012) bylo volně nalezeno na internetu, konkrétně na serveru YouTube. Zveřejněno bylo 4. 2. 2012 uživatelem Jack Slater. V závěrečných titulkách je zmíněno jméno Thomas Dallman a internetová stránka bioveo.com., kterou již nelze vyhledat.

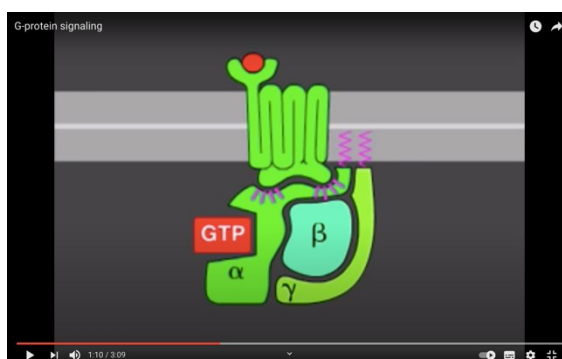
Níže je uvedeno slovní hodnocení dle kritérií uvedených v kapitole 3.5.

1) Didaktický kontext

Video neobsahuje žádné předchozí ani následující učivo. Dokonce v něm není celá signalizace spřažená s G-proteiny, ale pouze signalizace samotného G-proteinu, jak lze vidět na obrázku (obrázek č. 8, 9).



Obrázek č. 8: Změna konfigurace a aktivace intracelulární části receptoru. (Slater: YouTube, 2012)



Obrázek č. 9: Aktivace G-proteinu pomocí GTP a jeho spojení s doménou receptoru. (Slater: YouTube, 2012)

2) Estetická kvalita

Co se týče grafické stránky, je obsah videa znázorněn jednoduše, což vzhledem k náročnosti učiva ničemu nevadí. Objekty jsou v něm barevné a pohyblivé, ale bez popisků, pouze s mluveným komentářem.

3) Výběr obsahu a jeho redukce

Jak je zmíněno v prvním kritériu, celá signalizace spřažená s G-proteiny ve videu popsána ani vysvětlena není. Video se týká spíše samotného G-proteinu, čili jeho aktivace, inaktivace a jak toho lze docílit. Následující sled informací zde chybí. Je důležité, aby žáci, kteří si chemii a biologii zvolili jako seminář a chtějí ji dále studovat, věděli, jak k aktivaci G-proteinu dochází, ale zároveň také věděli, co po této aktivaci nadchází.

4) Vědecké standardy

Fakta ve videu nejsou chybná. Pouze, jak už bylo řečeno, nejsou ve videu informace o následujícím sledu událostí navazujícím na aktivaci G-proteinu.

5) Učební aktivity

Jelikož se jedná o video a ne o interaktivní animaci, lze ho pouze pozastavit a přetáčet.

6) Interdisciplinarita

V buněčné signalizaci je propojení předmětů chemie a biologie patrné. V tématu se předměty vzájemně prolínají.

7) Doprovodný text

Video obsahuje mluvené slovo, ale anglicky, což zase nemusí žákům, kteří angličtinu neovládají na této úrovni, vyhovovat. Žádné informace, jako samotný text, či popisky se přímo ve videu nevyskytují. Doprovodné titulky k mluvenému slovu lze u videa na serveru YouTube automaticky zapnout. Ne vždy jsou ale přesné.

4.1.4 Insulin signaling (signal pathways)

Video Insulin signaling (signal pathways) (Virtual Cell Animation, n.d.) bylo nalezeno na serveru vcell.science. Tento server obsahuje videa s různými tématy ohledně buňky. Ke každému videu lze rozkliknout i přepis mluveného komentáře, což bývá mnohdy přehlednější.

Níže je uvedeno slovní hodnocení dle kritérií uvedených v kapitole 3.5.

1) Didaktický kontext

Na videu je hezky vyobrazeno i učivo, které signalizaci insulinu přímo předchází, a i k čemu dochází po následném sledu signálů insulinem. Například co se děje s glukosou ve svalových a tukových buňkách (obrázek č. 10, 11) a hned za tím následuje signální dráha vyvolaná vysokou hladinou cukru v krvi.



Obrázek č. 10,11: Úloha glukosy ve svalových a tukových buňkách (Virtual Cell Animation, n.d.).

2) Estetická kvalita

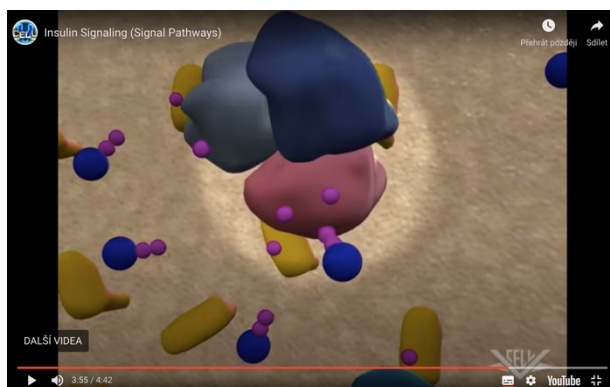
Z grafického hlediska je video zpracováno velmi atraktivně. Objekty jsou barevné, pohyblivé, trojrozměrné a cílovou skupinu (žáka) určitě takto zpracované video zaujme.

3) Výběr obsahu a jeho redukce

Co se obsahu týče, je v tomto videu informací na střední školu příliš. Občas jsou informace možná až matoucí. Na střední škole se například názvy molekul jako PIP2 a PIP3 nevyučují, ani proteiny AKT2 a jejich fosforylace. Na druhou stranu pro toho, kdo se o toto téma více zajímá a chce ho více do hloubky pochopit, může být toto video užitečné.

4) Vědecké standardy

Fakt a celkově informací je ve videu, co se biologie týče, opravdu mnoho. Přestože je video vytvořeno graficky velice atraktivně, molekuly nemají chemickou podobu, ale jsou znázorněny pouze jako nějaký objekt s tím, že odlišné molekuly jsou rozlišeny pouze barevně. To může být pro žáky opět zavádějící, protože si takový objekt s chemickou strukturou nemusí spojit (obrázek č. 12)



Obrázek č. 12: Molekuly bez chemických struktur (Virtual Cell Animation, n.d.).

5) Učební aktivity

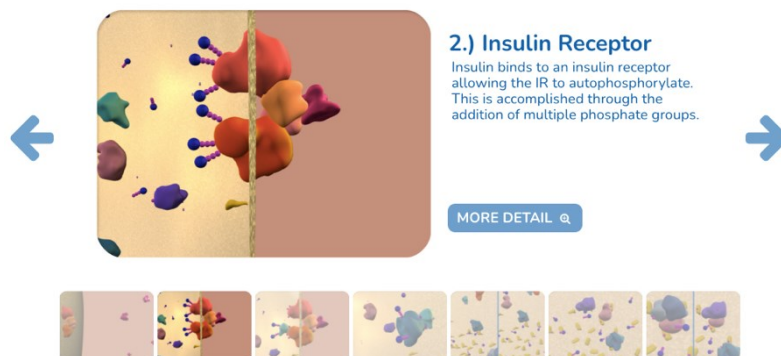
Opět se nejedná o animaci, ale o video, které nemůže být interaktivní. Proto ho lze pouze pozastavit, znovu přehrát, či přetáčet dopředu i zpět.

6) Interdisciplinarita

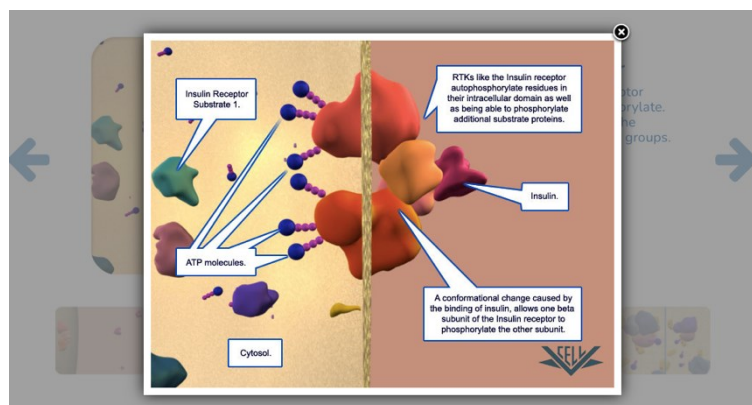
Celkově se v tomto procesu prolíná chemie a biologie. Ve videu je ale chemie, co se týče struktur, zanedbána.

7) Doprovodný text

Jak bylo již zmíněno, u každého videa na tomto serveru je tlačítko *Click to read a transcription of the audio*. Po rozkliknutí tohoto tlačítka se objeví přepis mluveného slova. Mluvené slovo i přepis je opět v angličtině, což může být opět pro některé žáky problém. Pod videem je navíc přehled událostí s detailními popisky (obrázek č. 13, 14). Přímou ve videu ale žádné popisky nejsou, tudíž pro žáka může být matoucí, co jaká struktura znamená.



Obrázek č. 13: Přehled událostí jdoucích ve videu za sebou (Virtual Cell Animation, n.d.).



Obrázek č. 14: Detailní popis události (Virtual Cell Animation, n.d.).

4.1.5 Závěr analýzy videí na téma buněčná signalizace

Celkem byla sepsána rešerše čtyř videí. Animace, které by bylo možné prostřednictvím webového prohlížeče přehrát, nebyly bohužel nalezeny. (Důvodem je, že na konci roku 2020 přestal být Adobe Flash Player podporován.) Na internetu existuje mnoho volně dostupných materiálů, které se dynamicky snaží znázornit a vysvětlit danou tematiku – buněčná signalizace. Ale ne všechny materiály, v tomto případě videa, jsou vhodné a naučné. Problémem je ve většině videí náplň a složitost učiva. Buď je informací pro cílovou skupinu žáků málo anebo příliš. Dalším problémem může být angličtina. Těžko se na internetu dohledávají videa na téma buněčná signalizace v češtině. Většinou mají anglický komentář, popisky i mluvené slovo. To může dělat žákům, či studentům potíže, pokud mají s anglickým jazykem problémy.

4.2 Materiály pro podporu výuky tématu buněčná signalizace

Kapitola představuje studijní materiály, které byly vytvořeny v rámci bakalářské práce a jsou primárně určené žákům středních škol zájemajícím se o problematiku (seminární učivo) a jejich učitelům. Jedná se o výukovou animaci vytvořenou v programu Adobe Animate CC (kap. 3.3) a k ní sepsané studijní texty (kap. 4.2.3), jejichž finální podoba je vytvořena v grafickém editoru Canva (viz příloha č. 3). K výukovým materiálům byly též sepsány rozšiřující informace, které jsou primárně určeny pro učitele (kapitola 4.2.4).

4.2.1 Cíl materiálů a jejich pojetí ve výuce

Studijní materiály (animace a studijní text) jsou určeny pro výuku tématu buněčná signalizace na úrovni středních škol. Cílem materiálů je, aby žáci porozuměli tomuto tématu, aby rozlišili minimálně tři typy přenosu signálu a pochopili biologickou a chemickou podstatu těchto dějů včetně významu pro (lidský) organismus.

Animace a studijní text se vzájemně doprovází a je vhodné ve výuce použít oba materiály. Na rozdíl od animace, která se mění s časem, statická reprezentace učiva je neměnná, a tudíž je vhodné oba materiály kombinovat, což by mělo vést ke snížení kognitivní zátěže (viz též kapitola 3.1.2.2).

Vytvořené materiály představují buněčnou signalizaci jako téma, kde se propojují znalosti z chemie i z biologie. Chemickou složku zahrnují především vzorce a popisy chemických struktur (některých signálních molekul a druhých poslů či struktury některých významných proteinů). Biologickou složku zahrnuje prostředí buňky, jejích organel a buněčné membrány.

Struktury některých proteinů byly staženy z webové stránky Protein data bank (<https://www.rcsb.org/>). Na této stránce je možné struktury natáčet, zvětšovat a různě modifikovat, či lze strukturu stáhnout jako soubor ve formátu PDB a následně otevřít například prostřednictvím softwaru Biovia Discovery studio Visualizer. Chemické vzorce byly vytvářeny v programu ACD/ChemSketch (Freeware Version) 2015.

Vzhledem k tomu, že téma buněčná signalizace není v RVP pro gymnázia explicitně zmíněno, doporučujeme zařazení materiálů spíše do semináře předmětů chemie, respektive biologie či předmětu, který tyto obory integruje.

Při tvorbě animací a též studijního textu se vycházelo z odborné biologické (Alberts et al., 1998) i biochemické literatury (Koolman & Röhm, 2012) a též z učebnic určených pro střední školy (Kodíček, Valentová & Hynek, 2015), (Mareček & Honza, 2014).

4.2.2 Výuková animace

4.2.2.1 Charakteristika výukové animace

Animace je cílena pro podporu výuky tématu buněčná signalizace, konkrétně na nervovou signalizaci/synaptický přenos a endokrinní signalizaci s rozdílem signální

molekuly hydrofilního a lipofilního hormonu. Veškerý obsah je zpracován jak z pohledu středoškolské chemie, tak z pohledu středoškolské biologie. Animace je primárně vytvářena tak, aby byla využitelná na úrovni středoškolského vzdělávání, nicméně některé informace jsou spíše nad rámec této úrovně vzdělávání. Z toho důvodu je vhodné animaci využít spíše na seminárních hodinách.

Animace obsahují doprovodný text, jenž lze zobrazit či naopak skrýt a taktéž mluvený komentář.

Animace byla vytvořena za účelem zvýšit motivaci žáků, zpestřit výuku či usnadnit pochopení zpracovaného tématu.

Výuková animace byla vytvořena v programu Adobe Animate CC jako soubor typu HTML5 Canvas ve velmi vysokém rozlišení 1024 x 768. Interaktivity bylo docíleno vytvořením kódů v programovacím jazyce JavaScriptu (viz dále kapitola 4.2.2.2 a též příloha 1). V animaci se dále nachází vzorce chemických struktur (acetylcholin, kortisol, ATP, GTP, GDP, cAMP a další), které byly primárně vytvořeny v programu ACD/ChemSketch (Freeware Version) 2015.

Výuková animace se skládá ze tří dílčích animací. První animace s názvem ***Nervová signalizace (synaptický přenos)*** seznamuje žáky s přenosem signálu (akčního potenciálu a následně neurotransmiteru – acetylcholinu) mezi presynaptickou a postsynaptickou buňkou. Druhá a třetí animace je příkladem endokrinní signalizace, u kterých je signální molekulou hormon. Druhá animace se nazývá ***Endokrinní signalizace – lipofilní hormon*** a konkrétně znázorňuje přenos lipofilního hormonu – kortisolu. Třetí animace se nazývá ***Endokrinní signalizace – hydrofilní hormon*** a zobrazuje přenos hydrofilního hormonu - adrenalinu na receptor, který je spářen s G-proteiny s následnou tvorbou druhých intracelulárních posílů (konkrétně cyklického adenosinmonofosfátu, cAMP). Ke každé dílčí animaci je sepsána stejnojmenná kapitola studijního textu.

Animace je součástí samostatné přílohy s názvem **Typy buněčné signalizace** a spouští se otevřením souboru `typy_bunecne_signalizace.html`. Nedílnou součástí animace je složka s názvem `images` obsahující grafické kompartmenty, složka s názvem `sounds` obsahující mp3 nahrávky mluveného textu, a dále soubor s názvem `typy_bunecne_signalizace.js` obsahující kód jazyka JavaScript, které byly automaticky vytvořeny softwarem Adobe Animate 2021 a jejich přítomnost je nezbytná pro správný chod animace. Pracovní verzi animace je soubor s názvem `typy_bunecne_signalizace.fla`, jenž je taktéž součástí této přílohy.

4.2.2.2 Použitý kód JavaScriptu

Pro docílení interaktivity bylo v animaci použito několik skriptů, jejichž cílem bylo:

1. okamžité automatické zastavení animace (bez kliknutí myši):

```
var _this = this;
_this.stop();
```

2. zastavení animace po kliknutí myši na objekt:

```
var _this = this;
_this.tlacitkostop.on('click', function(){
    _this.stop();
});
```

3. opětovný běh animace po kliknutí myši na objekt:

```
var _this = this;
_this.tlacitkoplay.on('click', function(){
    _this.play();
});
```

4. přesun po hlavní časové ose po kliknutí myši na objekt:

```
var _this = this;
_this.tl1.on('click', function(){
    _this.gotoAndStop(2);
});
```

5. skrytí textového doprovodného komentáře:

```
var _this = this;
_this.text_nevidet.on('click', function(){
    _this.obdelnik.visible = true;
});
```

6. ukázání textového doprovodného komentáře:

```
var _this = this;
_this.text_videt.on('click', function(){
    _this.obdelnik.visible = false;
});
```

7. přehrání mluveného komentáře z knihovny:

```
var _this = this;
_this.tl1.addEventListener("click", zvukF);
function zvukF () {
    createjs.Sound.play("nervova");
}
```

8. zastavení přehrávání všech zvukových souborů:

```
var _this = this;
_this.tl4.addEventListener("click", zvukB);
function zvukB () {
    createjs.Sound.stop();
}
```

Celý kód JavaScriptu, jenž byl v celé výukové animaci použit, je součástí přílohy 1.

4.2.3 Studijní text

Studijní text obsahuje tři kapitoly. První kapitola je kapitolou úvodní, která žáky seznamuje s tématem buněčné signalizace, především s jejím významem. Druhá a třetí kapitola je zaměřena na konkrétní typy přenosu buněčné signalizace. Obsah kapitol odpovídá obsahu výukové animace, i když ne všechny ve studijním textu popisované děje byly zajímavé. Studijní text je doplněn o sedm otázek k procvičení včetně autorského řešení.

Cílem studijního textu je prezentace učiva v podobě textu doprovázeného o statické obrázky, které byly vytvořeny v programu Adobe Animate 2021. Text slouží primárně žákům středních škol a jejich učitelům.

Studijní text je součástí kapitol 4.2.3.1 až 4.2.3.3 (viz dále), ale též jako samostatná příloha s názvem Studijní text k buněčné signalizaci. Jedná se o graficky upravený soubor v grafickém editoru Canva, tedy o finální podobu studijního textu určeného žákům. Cílem grafické editace bylo zvýšení atraktivity učiva. Graficky editovaný studijní text byl vytvářen tak, že v hlavním textu žák nalezne základní informace týkající se probíraného tématu, po stranách pak zajímavosti, poznámky či doplňující informace.

4.2.3.1 Buněčná signalizace

Buňka je základní stavební a funkční jednotka těl živých organismů. Aby přežila, má důležitou úlohu, a to **komunikaci** s ostatními buňkami. Jestliže buňka nedostává signály ke komunikaci, tak není schopná přežít. Během vývoje se buňky dělí a diferencují, což znamená, že každá buňka dostává nějakou funkci. V pozdějším stadiu buňky pomocí komunikace regulují metabolické pochody.

Existuje několik typů buněčné signalizace. **Endokrinní signalizace** je zprostředkována pomocí hormonů, které se tvoří v endokrinních žlázách a šíří se krví a tkáňovým mokem. Další signalizací je **nervová signalizace** (synaptický přenos) vyvolaná prostřednictvím nervového systému, která se děje na místě zvaném synapse na konci axonu neuronové buňky. O těchto dvou signalizacích je více řečeno v kapitolách *Nervová signalizace – synaptický přenos* a *Hormony a endokrinní signalizace* (kapitola 4.2.3.2, 4.2.3.3). Dalšími dvěma typy buněčné signalizace jsou **parakrinní signalizace**, u které signální molekula difunduje extracelulárním médiem a působí na buňky, které se nacházejí v nejbližším okolí a **dotyková signalizace**, při které je signalizující a cílová buňka v přímém kontaktu.

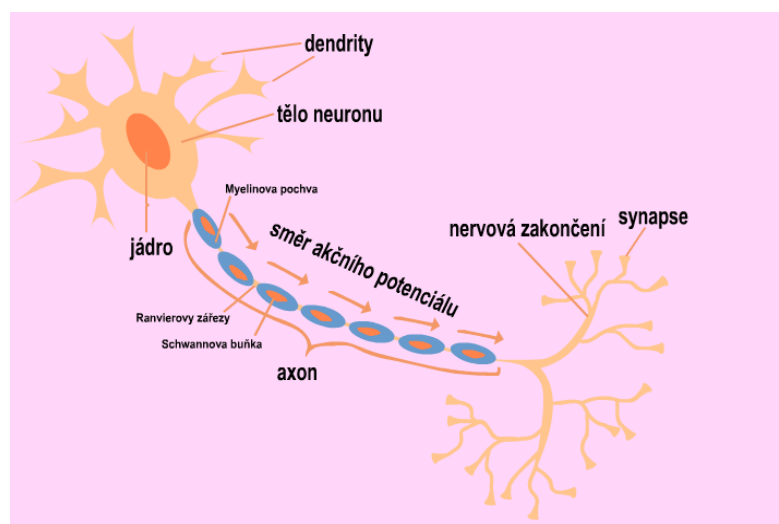
Tkáně a orgány lidského organismu jsou koordinovány takzvanými **signály**, které jsou vyslány **signalizující buňkou buňce cílové**, která signál přijme, vyhodnotí a odpoví na něj svou reakcí. Signály mohou být chemické látky či fyzikální podněty. Chemickým signálem mohou být **hormony** (například adrenalin, kortisol), **neurotransmitery** (například acetylcholin či kyselina γ -aminomáselná) a další chemické látky. Fyzikálním signálem je **elektrický vzruch** (akční potenciál, který je vyvolán depolarizací membrány) u synaptického přenosu. Většina signálních molekul z důvodu neprůchodnosti skrze plasmatické membrány nemůže přímo do buňky proniknout. Taková molekula (takzvaný agonista) se následně váže na **cílový transmembránový protein – receptor**. Nejčastěji se setkáme s třemi typy takovýchto povrchových receptorů. Prvním typem jsou receptory spojené s iontovým kanálem. Druhým typem jsou receptory s vlastní enzymovou aktivitou. Třetím typem jsou receptory spřažené s G-proteiny. Co mají všechny tyto receptory společného je to, že po navázání signální molekuly na vnější straně plasmatické membrány mění svou konformaci (receptor je zaktivován). Tato změna spouští sled událostí (signál se šíří dál), aniž by signální molekula vstoupila do buňky. K odstranění signální molekuly dochází ukončením aktivace receptoru. Ke konci aktivace receptoru

dojde, jakmile dochází k informační kaskádě již uvnitř buňky. Buňka odpovídá na signál například regulací genové exprese, regulací metabolické dráhy či změnou cytoskeletu.

4.2.3.2 Synaptický přenos

Synaptický přenos neboli nervová signalizace je jeden z druhů buněčné signalizace. Při této signalizaci je signál, kterým je **nervový vzruch**, předáván z konce axonu neuronu cílovým buňkám, obvykle dalším neuronům či svalovým buňkám.

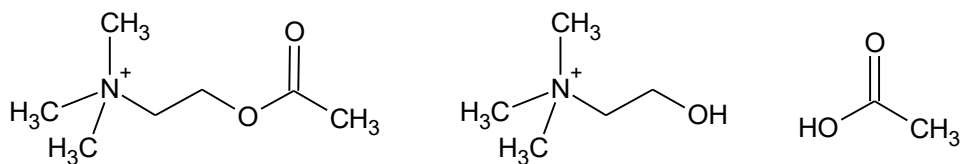
Nervové buňky (**neurony**) se od ostatních buněk velmi liší. Z těla buňky vystupují výběžky zvané **dendrity** a jeden dlouhý výběžek zvaný **axon**. Díky dendritům neurony přijímají signály a pomocí axonu je zase vysílají dále. Axony mohou být dlouhé až jeden metr a jsou obklopeny **Swannovými buňkami** izolovanými lipidovou **myelinovou pochvou** (obrázek č. 15).



Obrázek č. 15: Popis nervové buňky (neuronu).

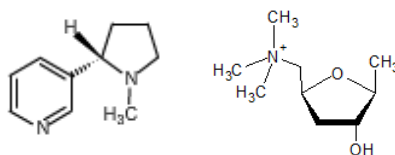
V nervových zakončeních axonů jsou **synaptické váčky**, které obsahují signální látky **neurotransmitery**. K přenosu signálu dochází na **synapsích**, tedy místech, ve kterých se dva neurony či neuron a svalová vlákna spojují. Jako synapsi můžeme označit nervová zakončení **signalizující (presynaptické) buňky** (presynaptická membrána buňky), kde se nachází synaptické váčky s neurotransmitery, povrch **cílové (postsynaptické) buňky** (postsynaptická membrána buňky), která obsahuje receptory, na které se neurotransmitery váží a úzká **synaptická štěrбина** mezi těmito buňkami. Odhaduje se, že mozkové neurony jsou v kontaktu s více než tisícem jiných neuronů a že celkově v lidském organismu existuje 10^{15} synapsí.

Příkladem neurotransmiteru je například molekula **acetylcholinu**, což je ester kyseliny octové a cholinu (obrázek č. 16).

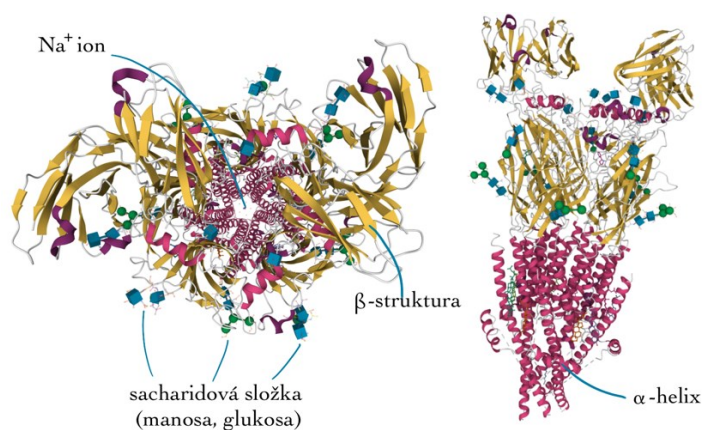


Obrázek č. 16: Vzorec acetylcholinu, cholinu a kyseliny octové.

Acetylcholin účinkuje na **nervosvalové ploténce**, což je druh synapse mezi neuronem a kosterním svalem. Jeho vyplavení do synaptické štěrbiny způsobuje **svalovou kontrakci**. Acetylcholin se váže na dva druhy receptorů. První z nich je mimo jiné receptorem též pro alkaloid nikotin (obrázek č. 17) (struktura nikotinového acetylcholinového receptoru – viz obrázek č. 18), druhý též na alkaloid muskarin (obrázek č. 17), který se vyskytuje například v muchomůrce červené a vyvolává trvalé podráždění svaloviny.



Obrázek č. 17: Struktura alkaloidů nikotinu a muskarinu.



Obrázek č. 18: Model nikotinového acetylcholinového-receptoru, (strukturu lze otevřít na webové stránce pod kódem 6PV7: <https://www.rcsb.org/structure/6PV7>).

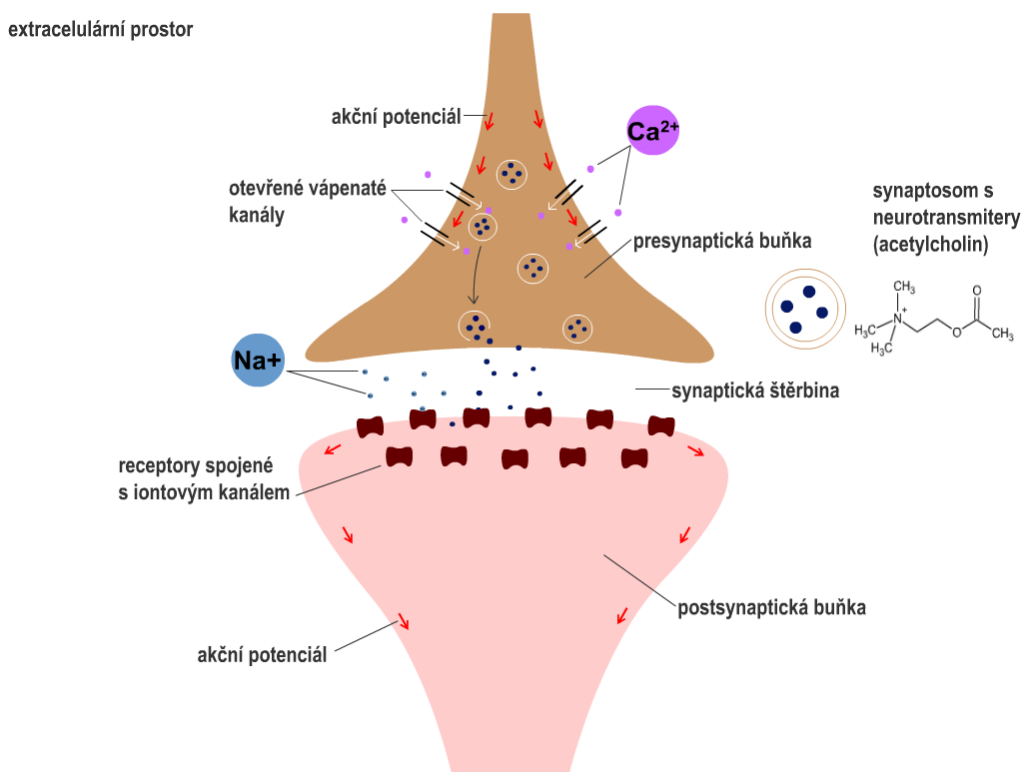
Jak se vlastně acetylcholin objeví v nervovém zakončení axonu? Vzniká už v cytoplasmě presynaptického axonu, a to enzymatickou reakcí acetylkoenzymu A s cholinem. Následně se ukládá do synaptických váčků.

Jak se šíří nervový vzruch?

Signál v podobě akčního potenciálu neboli elektrického vzruchu proudí směrem od těla neuronu axonem k nervovému zakončení signalizující buňky, čímž dochází k lokálnímu vzrůstu **membránového potenciálu** na membráně presynaptické buňky. Jakmile do nervového zakončení akční potenciál dojde, otevřou se napětím řízené vápenaté kanály, kterými proudí dovnitř signalizující buňky **vápenaté ionty**. Vápenaté ionty vyvolávají **exocytosu synaptických váčků**, které obsahují molekuly neurotransmiteru (například acetylcholinu), čímž se elektrický signál převádí na signál chemický. **Neurotransmitery** se vylučují skrze membránu presynaptické buňky přímo do synaptické štěrbin, kterou difundují. Následně se vážou na **receptory**, které jsou spojené s **iontovými kanály**. Receptory jsou integrovány v membráně postsynaptické buňky.

Díky navázání neurotransmiterů na receptory dochází ke změně jejich konformace a tím k přechodnému otevření **iontově sodných kanálů**.

Průchod sodných kationtů z extracelulárního prostoru do prostoru intracelulárního vyvolává depolarizaci membrány postsynaptické buňky, čímž se chemický signál mění zpět na signál elektrický, neboť vzniká **akční potenciál vyvolávající vzruch**, který se šíří dále. Tento děj je znázorněn na následujícím obrázku (obrázek č. 19).



Obrázek č. 19: Nervová signalizace – synaptický přenos.

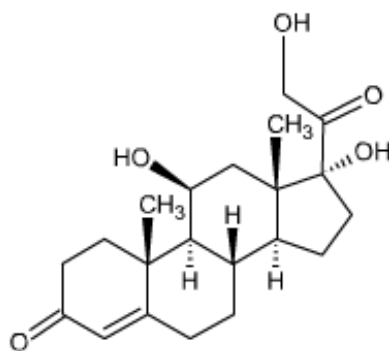
4.2.3.3 Hormony a endokrinní signalizace

Hormony jsou chemické molekuly s regulačními účinky. Jsou produkovány **endokrinními buňkami**, které se nachází v **endokrinních žlázách** (žlázách s vnitřní sekrecí). Od toho název endokrinní signalizace, tedy signalizace iniciována hormony. Hormony mohou být jak **lipofilní** povahy (například kortisol, estradiol, testosteron či thyroxin), tak povahy **hydrofilní** (například adrenalin, glukagon či insulin). Podle povahy hormonu existují dvě odlišné cesty endokrinní signalizace, z nichž každá má zcela odlišný druh receptoru. U menších hydrofilních hormonů musí receptor být uložen v plasmatické membráně cílové buňky, u hydrofobních hormonů leží receptory uvnitř cílové buňky. Hydrofilní hormony se stejně jako lipofilní hormony (a hydrofobní látky obecně) **šíří** k cílovým orgánům **krví** nebo tkáňovým mokem, avšak na rozdíl od látek lipofilní (hydrofobní) povahy nepotřebují k tomuto přenosu **transportní bílkovinu**.

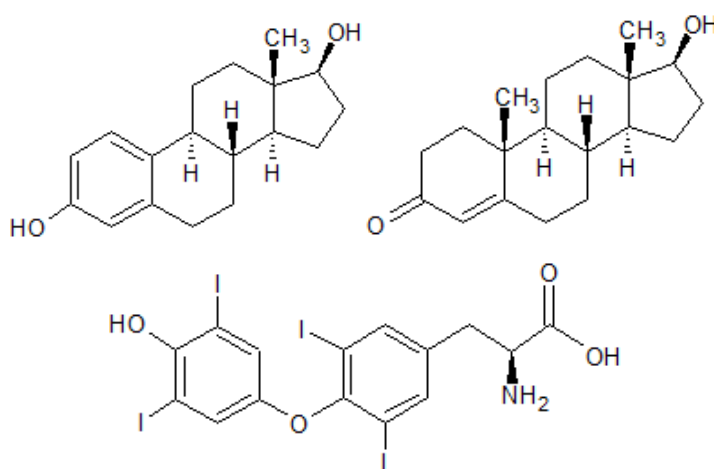
Role receptorů je velmi **významná**. Například nedostatek receptorů pro mužský pohlavní hormon *testosteron*, jenž je signálem pro vývoj sekundárních mužských pohlavních znaků, způsobuje, že jedinec se vyvíjí s vnějšími znaky typickými pro ženy (vyvine se jako žena). Příčinou tohoto chybného vývoje tedy není nedostatek hormonu testosteronu, nýbrž nedostatek jeho receptorů.

4.2.3.3.1 Endokrinní signalizace – lipofilní hormon

Nejčastějšími lipofilními (hydrofobními) hormony jsou **steroidní hormony**, mezi které patří například molekula **kortisolu** (obrázek č. 20), estradiolu či testosteronu (obrázek č. 21). Mezi hydrofobní hormony patří též **hormony thyroideální** (například thyroxin) (obrázek č. 21).

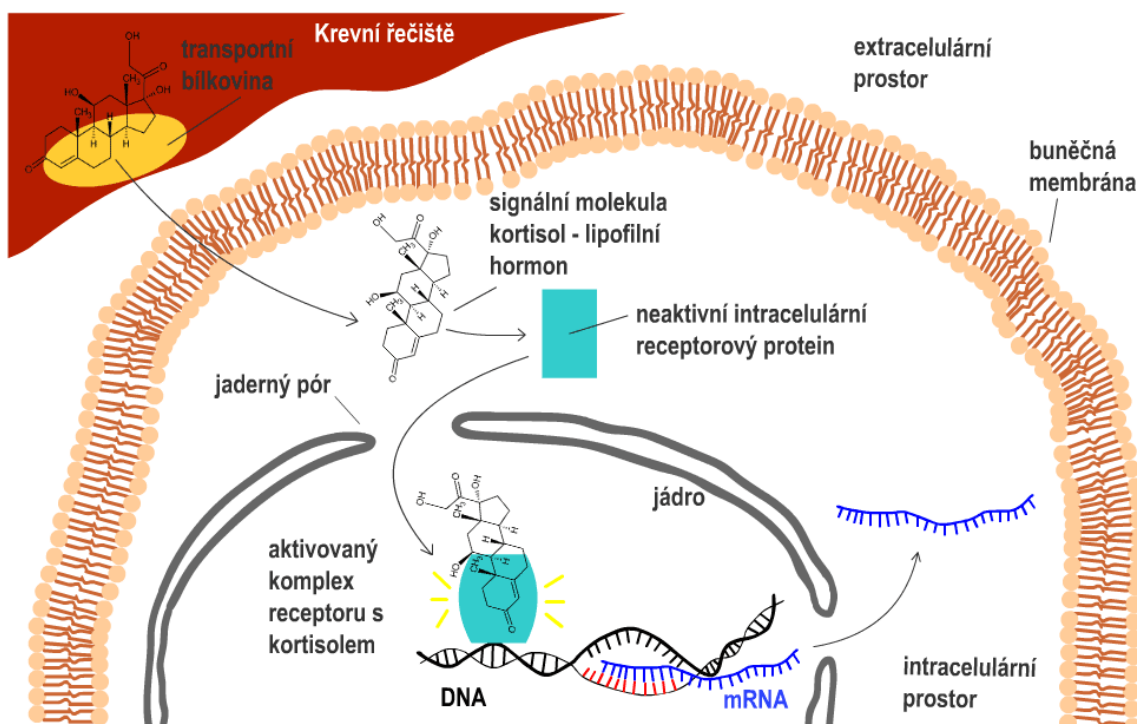


Obrázek č. 20: Struktura kortisolu – hormon produkovaný kůrou nadledvinek, který pomáhá organismu zvládnout stres či přestát dlouhodobé hladovění.



Obrázek č. 21: Struktura estradiolu, testosteronu a thyroxinu.

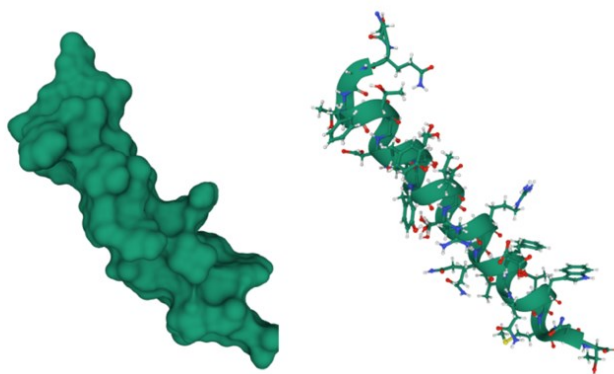
Lipofilní hormony jsou transportovány krví pomocí **transportní bílkoviny**, která je doveze až k cílové buňce. Vzhledem k tomu, že menší lipofilní (hydrofobní) hormony mohou procházet plasmatickou membránou, receptory pro tyto hormony jsou uloženy přímo ve vnitřku buňky, a to buď v cytoplasmě či dokonce přímo v jádře buňky. Receptor, jenž je lokalizován v cytoplasmě, se nazývá **cytoplasmový receptor**. Jedná se o genově regulační protein, který je bez navázaného hormonu neaktivní. Po navázání steroidního hormonu změní receptor svou konformaci a stane se aktivním. V této aktivní formě se steroidním hormonem vytvoří takzvaný **aktivovaný komplex**, který je přenesen do jádra skrze jaderné póry a je schopný se v něm navázat na konkrétní sekvenci v deoxyribonukleové kyselině (DNA) a zahájit tak **transkripci** požadovaného souboru genů. Celý děj je znázorněn na obrázku níže (obrázek č. 22).



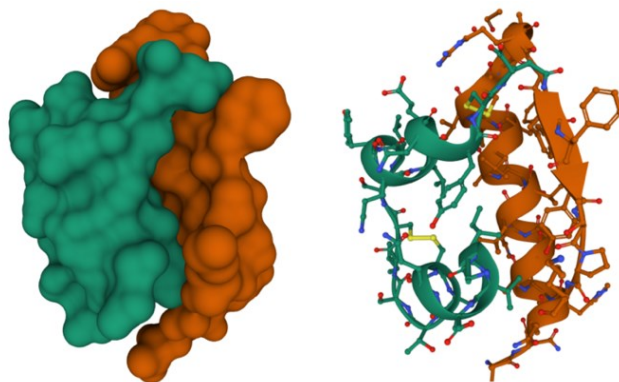
Obrázek č. 22: Endokrinní signalizace – lipofilní hormon.

4.2.3.3.2 Endokrinní signalizace – hydrofilní hormon

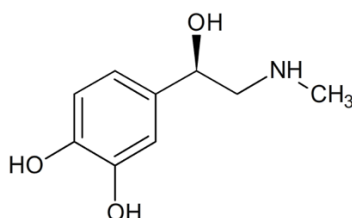
Mezi hydrofilní molekuly, které jsou signálními molekulami v buněčné signalizaci, patří převážně hydrofilní proteiny, peptidy (například **insulin**, **glukagon** či antidiuretický hormon vasopresin) a další ve vodě rozpustné molekuly (například **adrenalin**). 3D struktury některých hormonů jsou znázorněny na obrázcích č. 23 a 24, chemický vzorec adrenalinu je znázorněn na obrázku č. 25.



Obrázek č. 23: Struktura glukagonu – lineární polypeptid, který je tvořen z 29 aminokyselin. Je to hormon produkovaný alfa buňkami slinivky břišní a udržuje v krvi vyrovnanou hladinu glykémie. (strukturu lze otevřít na webové stránce pod kódem 6PHM: <https://www.rcsb.org/structure/6PHM>)

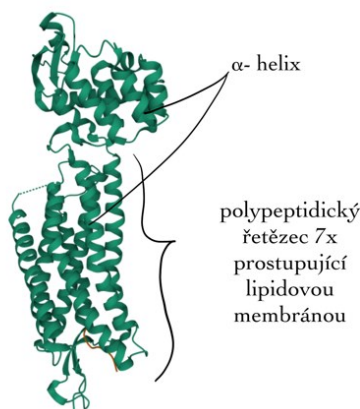


Obrázek č. 24: Struktura insulínu – skládá se ze dvou polypeptidových řetězců, které jsou spojeny disulfidovými můstky. Dohromady ho tvoří 51 aminokyselin. Je to hormon produkovaný B buňkami Langerhansových ostrůvků slinivky břišní, který snižuje hladinu cukru v krvi. (strukturu lze otevřít na webové stránce pod kódem 2TCI: <https://www.rcsb.org/structure/2TCI>)



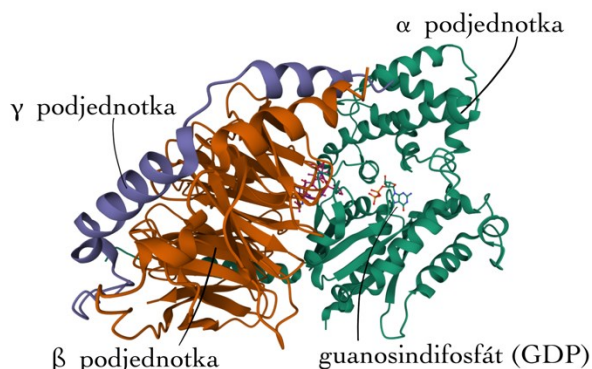
Obrázek č. 25: Struktura adrenalinu – hormon produkovaný dřením nadledvinek, který se podílí spolu s kortisolem na udržení organismu při životě během stresové reakce.

Hormony se váží na receptorový protein integrovaný v plasmatické membráně cílové buňky. Nejčastějším typem takovýchto receptorů jsou **receptory vázané na G-proteiny**. Tyto receptory mají strukturu polypeptidového řetězce, který **sedmkrát prostupuje lipidovou membránou** (struktura viz obrázek č. 26) a v neaktivní formě (bez navázané signální molekuly) tvoří **komplex s G-proteinem**.



Obrázek č. 26: Struktura receptoru vázaného na G-protein. (strukturu lze otevřít na webové stránce pod kódem 4GRV: <https://www.rcsb.org/structure/4GRV>)

G-proteiny jsou regulační proteiny, které jsou složeny z proteinových **podjednotek** α , β , γ (obrázek č. 27).

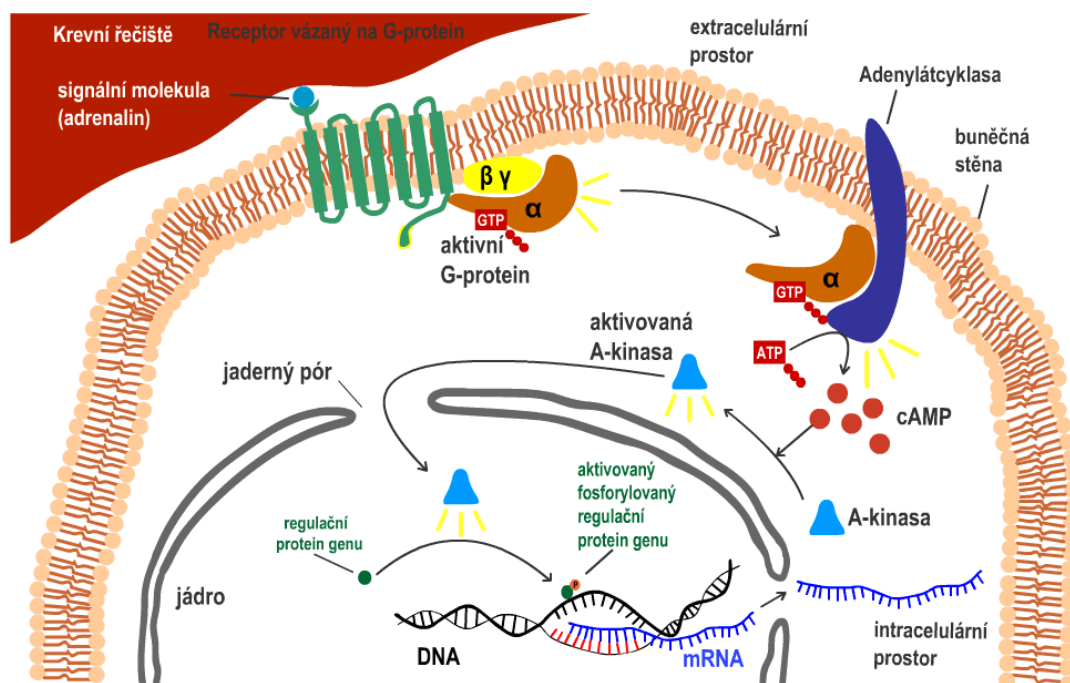


Obrázek č. 27: Struktura neaktivního G-proteinu. (strukturu lze otevřít na webové stránce pod kódem 3AH8: <https://www.rcsb.org/structure/3AH8>)

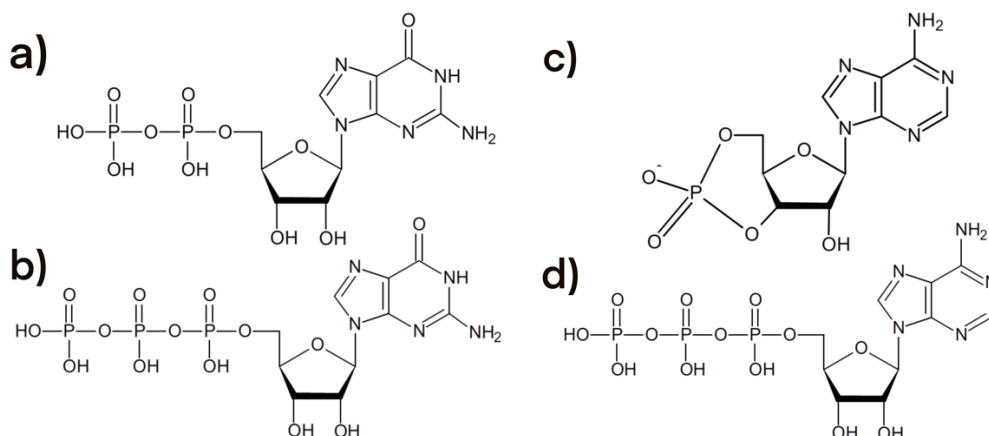
V neaktivní formě je na α podjednotku navázán guanosindifosfát (**GDP**). Po aktivaci receptoru navázáním signální molekuly (například *adrenalin* či *vasopresin*), ztratí α podjednotka G-proteinu afinitu ke GDP a získá ji ke guanosintrifosfátu (**GTP**), což způsobí, že se G-protein uvolní od receptoru a následně se rozpadne na **aktivovanou podjednotku α** a na **komplex β , γ** . Dokud je signální molekula na receptoru stále navázána, může receptor aktivovat další G-proteiny. G-protein, přesněji jeho aktivovaná α podjednotka, se váže na další enzymy (například **adenylátcyklasu** či **fosfolipasu C**) či iontové kanály (například iontové specifické vápenaté ionty) a mění tak jejich aktivitu (aktivuje či inaktivuje), což vede k syntéze (nebo naopak k tlumení syntézy) dalších signálních molekul takzvaných **druhých poslů** (prvním poslem je signální molekula (agonista) vázaná na receptor spjatý s G-proteinem).

Například vazba α podjednotky na **adenylátcyklasu** vyvolá tvorbu cyklického adenosinmonofosfátu (**cAMP**) z adenosin-trifosfátu (**ATP**) a tím zvýší koncentraci cAMP v buňce. Vzniklý druhý posel (cAMP) se v cytoplasmě váže na neaktivní **proteinkinasu A (A-kinasu)**, čímž ji aktivuje. Aktivovaná proteinkinasa A se přesouvá jadernými póry do **jádra** a následně aktivuje (fosforyluje) či inaktivuje další **regulační proteiny** (záleží na typu signální molekuly a na druhu cílové buňky). Aktivované fosforylované regulační proteiny jsou schopny se navázat na konkrétní sekvenci v deoxyribonukleové kyselině (DNA) a zahájit tak **transkripci** požadovaného souboru genů a následnou syntézu nového proteinu (například potřebného hormonu v endokrinních žlázách). I hydrofilní hormon tedy může stejně jako hormon hydrofobní

regulovat genovou expresi a s tím spojenou syntézu nových proteinů. Signální dráha, která aktivuje adenylátcyklasu a následně proteinkinasu A je znázorněna na obrázku č. 28. Chemické vzorce GDP, GTP, cAMP a ATP jsou následně zobrazeny na obrázku č. 29.



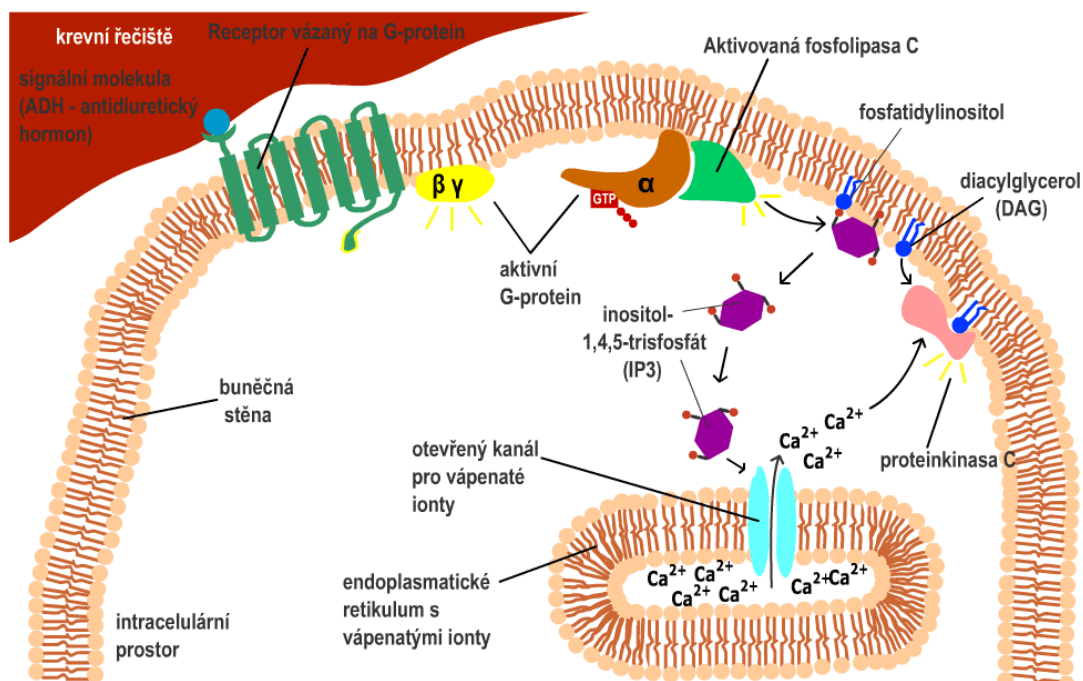
Obrázek č. 28: Endokrinní signalizace spuštěná vazbou hydrofilního hormonu s aktivací proteinkinasy A.



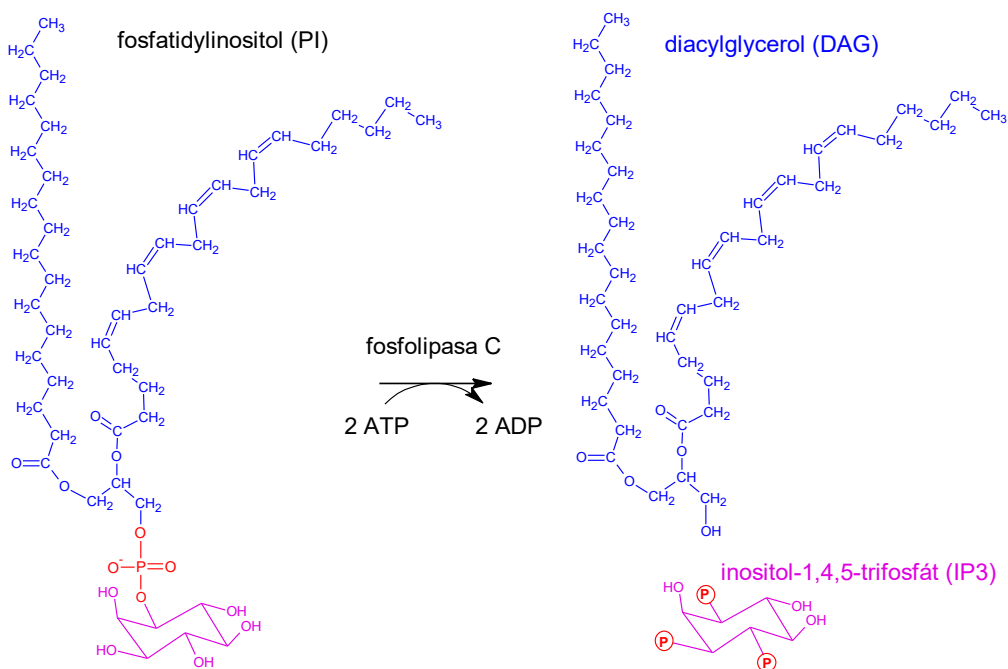
Obrázek č. 29: Struktury chemických sloučenin: a) guanosindifosfát (GDP), b) guanosintrifosfát (GTP), c) cyklický adenosinmonofosfát (cAMP), d) adenosintrifosfát (ATP).

Druhou častou drahou je vazba α podjednotky na **fosfolipasu C**, což vede k tvorbě druhých posílů: **inositol-1,4,5-trifosfátu (IP₃)** a **diacylglycerolu (DAG)** z **fosfatidylinositolu** (obrázek č. 31), jenž je součástí plasmatické membrány. IP₃ způsobí otevření vápenatých kanálů v membráně endoplasmatického retikula, čímž vyplaví

vápenaté ionty do cytoplasmu buňky a společně s DAG, jenž je stále součástí plasmatické membrány, následně aktivují **proteinkinasu C**. Ta se následně podílí na regulaci aktivity nejrůznějších bílkovin (obrázek č. 30).



Obrázek č. 30: Endokrinní signalizace spuštěná vazbou hydrofilního hormonu s aktivací fosfolipasy C.



Obrázek č. 31: Tvorba druhých posílů: inositol-1,4,5-trisfosfátu (IP3) a diacylglycerolu (DAG) z fosfatidylinositolu (PI).

4.2.3.4 Otázky k procvičení

Nervová signalizace

- 1) Nakreslete a popište tělo nervové buňky a vyznačte směr šíření akčního potenciálu.
- 2) Popište, jak a kde vzniká synapse.
- 3) Vysvětlete, co je akční potenciál a jak vzniká.
- 4) Na vhodném příkladu objasněte, jak se elektrický signál mění na signál chemický.

Endokrinní signalizace

- 1) Uved'te, do jakých dvou skupin se dělí hormony v závislosti na rozdílném vstupu hormonu do buňky. Uved'te minimálně tři zástupce každé skupiny.
- 2) Uved'te, co může být výsledkem endokrinní signalizace.
- 3) Vypište alespoň dva významné rozdíly mezi endokrinní signalizací lipofilního a hydrofilního hormonu.

Autorské řešení

Nervová signalizace

- 1) Viz obrázek č. 15: Popis nervové buňky (neuronu).
- 2) Synapse vzniká spojením dvou neuronů či neuronu a svalové buňky v mozku. Spojují se nervová zakončení axonu neuronu s membránou cílové buňky.
- 3) Akční potenciál je elektrický signál (nervový vzruch), který vzniká depolarizací membrány buňky.
- 4) Jakmile elektrický signál dojde do nervového zakončení neuronu, otevrou se napětím řízené vápenaté kanály, kterými dovnitř signalizující buňky prochází Ca^{2+} ionty. Ty následně vyvolají exocytosu synaptosomů, které obsahují molekuly neurotransmiteru (např. acetylcholinu). Tyto molekuly difundují synaptickou štěrbinou a váží se na receptory postsynaptické buňky.

Endokrinní signalizace

- 1) *Lipofilní hormony* – kortisol, estradiol, testosteron, thyroxin
Hydrofilní hormony – adrenalin, glukagon, insulin
- 2) Dochází k navázání aktivního regulačního proteinu či aktivovaného komplexu na konkrétní sekvenci DNA cílové buňky. Následně dochází k zahájení transkripce genů a k syntéze nových proteinů (hormonů).

- 3) Hydrofilní hormony na rozdíl od lipofilních hormonů se k cílové buňce šíří krví bez transportní bílkoviny. Pro hydrofilní hormony se receptory nachází v plasmatické membráně cílové buňky a pro lipofilní jsou receptory uvnitř cílové buňky v cytosolu.

4.2.4 Rozšiřující informace k výukovým materiálům

4.2.4.1 Nervová signalizace - synaptický přenos

V animaci je téma nervové signalizace ztvárněno na úrovni středoškolského učiva a reprezentuje část studijního textu s názvem *Jak se šíří nervový vzruch?*

Prostřednictvím studijního textu a též animace byl představen pouze jeden typ receptorů – takzvaný ionotropní receptor, což je iontový kanál, jehož průchodnost je řízena neurotransmitery. Je-li kanál otevřen, může následně dojít buď k depolarizaci membrány a následně vyvolání akčního potenciálu (zmíněno ve studijním textu a znázorněno v animaci), či naopak k její hyperpolarizaci, která tlumí vznik akčního potenciálu. K depolarizaci dochází, procházejí-li kanálem kationty (například Na^+), k hyperpolarizaci dochází následkem průchodu aniontů (například Cl^-). Mezi neurotransmitery vyvolávající akční potenciál patří například glutamát či v textu a v animaci zmíněný acetylcholin; mezi neurotransmitery tlumící akční potenciál patří například aminokyselina glycin.

Druhým typem jsou metabotropní receptory, které jsou spřaženy s G-proteiny, ty následně buď aktivují či tlumí syntézu druhých posílů (například cAMP). Přenos signálu pak probíhá na základě změny chování postsynaptické buňky.

4.2.4.2 Hormony a endokrinní signalizace

Ke kapitole Hormony a endokrinní signalizace ze studijního textu byly vytvořeny dvě animace: ***Endokrinní signalizace – lipofilní hormon*** a ***Endokrinní signalizace – hydrofilní hormon***.

V animaci s názvem ***Endokrinní signalizace – lipofilní hormon*** je znázorněna dráha lipofilního hormonu kortisolu jakožto signální molekuly. Kortisol je produkován nadledvinami a pomáhá organismu zvládnout stres či přestát dlouhodobé hladovění. Má vliv na metabolismus proteinů, sacharidů a lipidů ve tkáních. Dalším lipofilním

hormonem je testosteron, který je produkován ve varlatech a reguluje vývoj sekundárních mužských znaků. Naopak hormon estradiol je produkován vaječníky a reguluje vývoj sekundárních ženských znaků. Thyroxin, poslední v textu zmíněný hormon, je produkován štítnou žlázou a stimuluje metabolismus spousty buněčných typů.

Animace s názvem *Endokrinní signalizace – hydrofilní hormon* se týká receptoru vázaného na G-protein, protože tento typ receptoru tvoří největší rodinu buněčných povrchových receptorů. V animaci byla znázorněna dráha vedoucí k aktivaci proteinkinasy A. Tato dráha využívá jako druhý posel cyklický adenosinmonofosfát (cAMP), který se v buňce rychle odbourává.

Příkladem typu buněčné signalizace, jež jako druhého posla využívá cAMP, je signalizace, která se odehrává například v kosterní svalové buňce, kdy signální molekulou (prvním poslem) je adrenalin. Po kaskádě reakcí přes aktivovaný G-protein a aktivovanou adenylátcyklasu (související se vzrůstem koncentrace cAMP), dojde k odbourávání glykogenu a tím zajištění množství glukosy jakožto paliva pro očekávanou svalovou aktivitu. Jinou reakcí (odpovědí na signál) může být v srdeční tkáni zvýšená rychlost pulsování srdce či v tukových buňkách odbourávání tuků.

Druhá dráha vedoucí k aktivaci fosfolipasy C nebyla zanimována, nicméně je zmíněna ve studijním textu a doplněna názornou ilustrací. Tato dráha vede ke vzrůstu Ca^{2+} iontů v cytoplasmě buňky, kde za normálních okolností je koncentrace těchto iontů velmi nízká. Příkladem signální molekuly, která spouští dráhu vedoucí k aktivaci fosfolipasy C, může být například molekula acetylcholin v hladkém svalu. Odpovědí jsou kontrakce svalu.

Vápenaté ionty Ca^{2+} se při vysoké koncentraci mohou též vázat na malý, v buňce se vyskytující protein zvaný kalmodulin. Ten díky navázání čtyř iontů Ca^{2+} změní konformaci a dokáže takto řídit aktivitu enzymů, iontových pump či složek cytoskeletu.

5 Diskuse

V rámci bakalářské práce bylo vytyčeno pět předem stanovených cílů. Prvním cílem bylo vymezit v práci používané základní pojmy, jako je vizualizace či animace a následně se zabývat blíže efektivitou animací ve výukovém procesu. Na základě analýzy současných poznatků vyplynulo, že animace, aby mohla být efektivní, musí splňovat několik kritérií, které se liší v souvislosti s použitým literárním zdrojem. Například autoři Burke, Greenbowe a Windschitl (1998) uvádějí, že animace by měla být interaktivní; neměla by být ani příliš krátká, ani příliš dlouhá; musí obsahovat fakta či přesné informace; musí být plynulá a měla by obsahovat doprovodný text či mluvený komentář. Autorky Berney a Bétrancourt (2016) upřesňují, že efektivnější je mluvený komentář, kdežto psaný text může naopak efektivitu snižovat tím, že odvádí pozornost od animovaného děje. Jak by měla vypadat efektivní výuková animace, zkoumali ve svých pracích i čeští autoři Bílek (2007), Šarboch (2018) či Čermáková (2018). Na základě jejich doporučení bylo následně vybráno sedm hodnotících kritérií (viz dále).

Druhým cílem bylo provést analýzu kurikulárních dokumentů, tedy rámcového vzdělávacího programu (RVP) a školního vzdělávacího programu (ŠVP) na úrovni středních škol ve vztahu k biochemickému tématu – buněčná signalizace. Tato analýza se týkala tří gymnázií, jejichž výběr byl záměrný a byl realizován takovým způsobem, aby každé z vybraných gymnázií bylo odlišně zaměřené (přírodovědně, všeobecně, jazykovědně). Jiná zaměření následně předpokládala odlišnost ŠVP. Téma buněčná signalizace však nebylo konkrétně zmíněno ani v jednom z analyzovaných ŠVP. Nicméně byly nalezeny obecnější očekávané výstupy žáků, které s tématem souvisely například *„Žák chápe biochemické pochody v buňce.“* nebo *„Žák chápe propojení nervové a endokrinní soustavy při řízení všech orgánových soustav.“* (ŠVP Gymnázia Trutnov, 2018) apod.

Dalším stanoveným cílem této bakalářské práce bylo sepsat analýzu již vytvořených výukových materiálů (zpracovaných formou dynamické vizualizace), které se tématem buněčné signalizace zabývají. Bohužel vzhledem k tomu, že Adobe Flash Player přestal být koncem roku 2020 podporován, nešlo všechny vyhledané animace na internetu otevřít. Rešerše tedy byla zaměřena pouze na internetu volně přístupná výuková videa týkající se buněčné signalizace. Celkem byla zanalyzována čtyři takováto videa, a to na základě literatury předem stanovených hodnotících kritérií (Bílek, 2007; Šarboch,

2018; Čermáková, 2018). Dohromady bylo vybráno sedm kritérií, která by měla výuková animace splňovat, aby docílila efektivity. Mezi tato kritéria patří: (i) didaktický kontext; (ii) estetická kvalita; (iii) výběr obsahu (ve vztahu k cílové skupině žáků); (iv) vědecké standardy (faktická správnost); (v) učební aktivita (související s interaktivitou); (vi) interdisciplinarita a (vii) přítomnost doprovodného psaného či mluveného komentáře. Velmi problematické bylo nalézt vhodné výukové materiály v českém jazyce. Z toho důvodu byla všechna analyzovaná videa v anglickém jazyce, což by mohlo ve výuce činit žákům problémy. Dalším nedostatkem byla absence interaktivních prvků. Interaktivita nebyla součástí ani jednoho videa. Většina zanalyzovaných videí navíc neodpovídala středoškolskému učivu a obsahovala informace nad rámec tohoto učiva. Některá videa byla doplněna o mluvený komentář, což efektivitě velmi přispělo.

Na základě analýzy videí a na základě stanovených hodnotících kritérií byla vytvořena interaktivní animace na téma buněčná signalizace. Výuková animace byla zhotovena tak, aby žáky motivovala, pomohla jim více učivo pochopit a obohatila hodinu. Žáci by pak mohli projevovat větší zájem o probíranou látku. Animace je složena z tří dílčích animací týkajících se buněčné signalizace. První animace nese název *Nervová signalizace (synaptický přenos)*, druhá se nazývá *Endokrinní signalizace – lipofilní hormon* a třetí (poslední) je *Endokrinní signalizace – hydrofilní hormon*. Animace byly vytvářeny v animačním programu Adobe Animate CC 2021 s podporou programovacího jazyka HTML 5 a JavaScriptu se snahou docílit interaktivity. Bylo tedy zapotřebí se nejprve naučit pracovat s tímto programem a též zapisovat skripty. Výsledkem je zcela funkční animace, která se zobrazí prostřednictvím webové stránky. Co se týče grafické stránky animace, bylo velmi problematické zcela zachovat faktickou správnost, konkrétně dodržet poměr znázorňovaných molekul a buněčných kompartmentů. Například buněčná membrána je v animaci znázorněna jako fosfolipidová dvojvrstva, nicméně jaderná membrána je v animaci vizuálně podstatně menší, přestože se též jedná o fosfolipidovou membránu. Taktéž velikost molekuly DNA a jiných molekul nezachovávají správný poměr velikostí. Důvodem této nepřesnosti je, aby žák (student) mohl sledovat celý děj, jenž animace znázorňuje, a aby byly některé chemické vzorce dostatečně čitelné a názorné. Některé chemické struktury (molekuly) byly dále znázorněny pouze pomocí barevných kuliček a dalších tvarů s tím, že vzorce některých molekul jsou následně zobrazeny jako efekt zoomu. Všechny chemické molekuly (jejich chemické vzorce a struktury) jsou však součástí studijního textu (viz dále). Obsah animací

je vhodný jako seminární učivo určené pro studenty chemie a biologie středních škol gymnaziálního typu či středních škol s chemickým zaměřením. Interaktivním prvkem animace jsou interaktivní tlačítka. Na počátku animace jsou interaktivními tlačítky nápisy dílčích kapitol, jejich výběrem žák/učitel spouští animované děje vybrané kapitoly. Každá z dílčích animací obsahuje další tři ovládací tlačítka, a to tlačítko přehrát, stop a zpět na začátek (animaci je tedy možné kdykoliv pozastavit či dokonce vrátit na začátek). Animace doprovází psaný, ale též mluvený komentář, což může zvýšit efektivitu animace už jen z důvodu propojení více smyslů žáka. Mluvený komentář se automaticky spustí po kliknutí na hlavní tlačítka, které spouštějí jednotlivé dílčí animace. Vypíná se po stisknutí tlačítka s přeškrtnutým reproduktorem či tlačítka stop. Z důvodu nenalezení vhodného skriptu stisknutím tlačítka stop nelze zvuk pozastavit a stisknutím tlačítka play nelze pokračovat v jeho přehrávání. Pro přehrání se tedy musí opět kliknout na tlačítko, které spouští dílčí animaci. Po stisknutí více tlačítek uvádějící dílčí animace dochází k překrývání zvuků. Psaný text lze navíc skrýt, aby neodváděl pozornost od animovaného děje. Materiály byly zpracovávány se snahou o maximální interdisciplinaritu. V animaci jsou propojeny předměty chemie a biologie, kdy biologická složka se týká biologických membrán a buněčných kompartmentů (tedy prostředí buňky) a chemická složka je zastoupena při znázornění chemických molekul a struktur proteinů zabudovaných v biologických membránách.

Posledním cílem bylo k animacím sepsat doprovodný studijní text (primárně určený jak učitelům, tak žákům) a též vytvořit didaktické poznámky ke všem vytvořeným materiálům (tedy primárně určené pro učitele). Didaktickými poznámkami jsou buď rozšiřující informace týkající se tématu buněčné signalizace a obsahu tématu v animaci nebo obecné poznámky týkající se charakteristiky výukových materiálů. Doplnující studijní text byl nejprve vytvořen v programu Microsoft Office Word a následně graficky upraven v programovém studiu Canva za vzniku pdf dokumentu. Cílem grafické editace bylo především žáky zaujmout a motivovat je. Konečná podoba studijního textu obsahuje základní text, který je doplněn o rozšiřující informace (zajímavosti, vzorce, struktury), jež jsou vždy uvedeny po levé straně. Součástí studijního textu jsou chemické vzorce signálních látek (prvních i druhých posílů), ale též biochemické struktury některých receptorů, do signálních drah zapojených proteinů či složitějších hormonů. Struktury složitějších látek byly staženy z webové stránky Protein data bank (<https://www.rcsb.org/>). U popisu struktur byly čtyřmístné kódy použité struktury

ponechány, aby si učitelé/žáci mohli struktury na stránce <https://www.rcsb.org/> otevřít a následně prohlížet (natáčet, zvětšovat či různě modifikovat). Příkladem znázorněné 3D struktury je struktura neurotransmiterového receptoru, konkrétně nikotinového acetylcholinového-receptoru, která znázorňuje, že receptory jsou složeny z proteinů, které jsou zabudované do biologických membrán. Každý typ signalizace je ve studijním textu znázorněn v podobě obrázku, jenž vznikl modifikací již hotové animace. Studijní text je doplněn o sedm otázek k procvičení a také o autorské řešení. Kombinací studijního textu, statické vizualizace (obrázku), dynamické vizualizace (animace) s doprovodným mluveným komentářem lze předpokládat snížení kognitivní zátěže kladené na žáka (animace předkládá sice informace v souvislostech, avšak pouze přechodně, kdežto obrázek předkládá informace permanentně, avšak bez souvislého znázornění probíhajících změn), dále na základě teorie duálního kódování může vést tato kombinace vzdělávacích pomůcek ke zvýšení kapacity dlouhodobé paměti (k lepšímu zapamatování) (Paivio, 1986).

Materiály nebyly vzhledem k rozsahu bakalářské práce a vzhledem k mimořádné situaci související s respiračním onemocněním Covid-19 ve školní praxi ověřeny.

6 Závěr

Bakalářská práce je zaměřena na tvorbu vzdělávacích materiálů (animací a studijního textu) na téma buněčná signalizace. Na začátku bylo stanoveno pět hlavních cílů, které byly v rámci teoretické a praktické části této práce splněny.

V teoretické části byly nejprve vymezeny základní pojmy jako je vizualizace, vizuál a animace. Následně byly sepsány podkapitoly, ve kterých jsou blíže popsány typy vizualizace, v jakých oborech je dynamická vizualizace uplatněna, jaká jsou pozitiva a negativa animací, jaká kritéria by výuková animace měla splňovat a jaká je její efektivita ve výuce. Dále byly analyzovány kurikulární dokumenty pro gymnázia s různým zaměřením, mezi které patří rámcový vzdělávací program (RVP) a školní vzdělávací program (ŠVP). Téma buněčná signalizace se v těchto dokumentech konkrétně neobjevovalo, byly v nich nalezeny spíše obecné očekávané výstupy žáků. Též byly popsány programy Adobe Animate CC 2021 (21.0) a grafické on-line studio Canva, v kterých se výuková animace a studijní text (viz dále) vytvářely. Součástí poslední kapitoly teoretické části bylo představení kritérií vhodných pro hodnocení výukových materiálů (konkrétně výukové animace), jejichž splněním by se mělo dosáhnout vyšší efektivity animace ve výukovém procesu.

V praktické části byla zanalyzována čtyři videa volně nalezena na internetu, která mají sloužit jako dynamické vizualizační pomůcky týkající se tématu buněčná signalizace. Byly nalezeny i animace na toto téma, ale bohužel z důvodu ukončené podpory Adobe Flash Player od roku 2021 je nebylo možno přehrát. Video se hodnotila podle kritérií sepsaných v teoretické části. Ze závěru analýzy vyplynulo, že žádné z nich jednoduše a zároveň dostatečně látku nevysvětlovalo, a navíc byla vytvořena v anglickém jazyce, což, jak bylo zmíněno výše, by mohlo středoškolským žákům činit při porozumění obtíže. Posledním cílem bylo zpracování vzdělávacích materiálů, tedy animace a studijního textu, které jsou určeny pro podporu výuky tématu buněčná signalizace. Animace byla vytvořena v programu Adobe Animate CC 2021 (21.0) a skládá se ze tří dílčích animací: Nervová signalizace, Endokrinní signalizace způsobená hydrofilním hormonem a Endokrinní signalizace způsobená lipofilním hormonem. Animace obsahuje doprovodný psaný i mluvený komentář. K výukové animaci byl sepsán studijní text, jehož finální podoba byla vytvořena v grafickém editoru Canva. Též byly sepsány rozšiřující informace a didaktické poznámky, které jsou primárně určeny pro učitele.

Materiály byly vytvářeny tak, aby je bylo možné zařadit do výuky semináře (rozšiřující učivo) k předmětu chemie či předmětu biologie na středních školách gymnaziálního typu či středních školách s chemickým zaměřením. Důraz byl kladen na mezipředmětový charakter vzniklých materiálů (chemicko-biologický) i na vizuální reprezentaci učiva.

7 Použité zdroje

- 1) Adobe (2021). *Adobe Systems*. Dostupné z:
<https://helpx.adobe.com/cz/animate/user-guide.html/cz/animate/using/creating-publishing-html5-canvas-document.ug.html>
- 2) Alberts, B., Bray, D., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. & Walter, P. (1998). *Základy buněčné biologie. Úvod do molekulární biologie buňky*. Ústí nad Labem: Espero Publishing, s.r.o.
- 3) Mareček, A., & Honza, J. (1998, 2014). *Chemie pro čtyřletá gymnázia 3. díl*. Brno: Dataprint.
- 4) Ausburn, L.J., Ausburn, F.B. Visual Literacy. Background, Theory and Practice. *Programmed Learning and Educational Technology*. 1978, 15, s. 291-297.
- 5) Balada, J. (2007). *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze.
- 6) Berman, H., Westbrook, Z., Feng, Z., Gilliland, et al. (2000). *The Protein Data Bank*. Dostupné z: <https://www.rcsb.org/>
- 7) Berney, S. & Bétrancourt, M. (2016). Does animation enhance learning? A meta-analysis. *Computers & Education*, 101, 150-167. Doi: 10.1016/j.compedu.2016.06.005
- 8) Bétrancourt, M. & Tversky, B. (2000). Effect of Computer Animation on Users's Performance: a Review. *Le Travail Humain.*, 63(4), 311-329. ISSN 00411868.
- 9) Bílek, M. (2007). *Vybrané aspekty vizualizace učiva přírodovědných předmětů*. Hradec Králové: Miloš Vognar – M&V. ISBN 82-86771-21-0.
- 10) Burke, K.A., Greenbowe, T., J., Windschitl, M., A. (1998). Developing and Using Conceptual Computer Animations for Chemistry Instruction. *Journal of Chemical Education*. 75(12), 1658-1661.
- 11) Castro-Alonso, J., C., Wong, M., Adesope, O., O., Ayres, P. & Paas, F. (2019). Gender Imbalance in Instructional Dynamic Versus Static Visualizations: a Meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 31, 361-387. Doi: 10.1007/s10648-019-09469-1
- 12) Čermáková, D. (2018). *Dýchání jako mezioborové téma ve výuce přírodovědných předmětů*. Diplomová práce. Praha: Univerzita Karlova. Přírodovědecká fakulta.

- 13) Halúzka, M. (2015). *Přístup žáků ke studiu chemie na různých typech škol*. (Disertační práce). Univerzita Karlova v Praze. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/download/140044448>
- 14) Harvard University. (n.d.). *Harvard Online Courses*. Dostupné z: <https://online-learning.harvard.edu/>
- 15) HarvardX. (2017, 19. duben). *How a synapse works*. YouTube. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=OvVl8rOEncE>
- 16) Hejnová, E. (2011). Integrovaná výuka přírodovědných předmětů na základních školách v českých zemích – minulost a současnost. *Scientia in educatione*, 2(2), 77-90.
- 17) Höfer, G., Mechlová, E. & Svoboda, E (2004). Education of Physics by the Prism of the Secondary School Pupils in the Czech Republic. In. *Workshop proceedings „Teaching and Learning Physics in new Contexts“*. Příspěvek byl prezentován na konferenci GIREP, Ostrava.
- 18) Höffler, T. N. & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17(6), 722-738.
- 19) Höffler, T. N. & Leutner, D. (2011). The role of spatial ability in learning from instructional animations—Evidence for an ability-as-compensator hypothesis. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 209-216.
- 20) Kaushal, R. K., & Panda, S. N. (2019). A meta-analysis on effective conditions to offer an animation-based teaching style. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, 16(1), 129–153.
- 21) Kodíček, M., Valentová, O., & Hynek, R. (2015). *BIOCHEMIE chemický pohled na biologický svět*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze.
- 22) Koolman, J. & Röhm, K. (2012). *Barevný atlas biochemie. Překlad 4. vydání*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- 23) Löwe, R. K. (2003) Animation and Learning: Selective Processing of Information in Dynamic Graphics. *Learning and Instruction*, 13(2), 157-176. Doi: 10.1016/S0959-4752(02)00018-X
- 24) Macmillan International Higher Education. (n.d.). *Concept 5.6: Signal Transduction Allows the Cell to Respond to Its Environment*. Dostupné z: https://www.macmillanhighered.com/BrainHoney/Resource/6716/digital_first_content/trunk/test/hillis2e/hillis2e_ch05_7.html

- 25) Marbach-Ad, G., Rotbain, Y. & Stavy, R. (2008). Using computer animation and illustration activities to improve high school students' achievement in molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 273-292.
- 26) McElhaney, K., W., Chang, H., Chiu, J., L. & Linn, M., C. (2015). Evidence for effective uses of dynamic visualisations in science curriculum materials. *Studies in Science Education*, 51(1), 49-85. Doi: 10.1080/03057267.2014.984506
- 27) Mohan, B. (1990). LEP students and the integration of language and content: Knowledge structures and tasks. In: *C. Simith-Dudgeon, prezentováno na Research Symposium on Limited English Proficiency Students Issues*. Washington: Office of Bilingual Education and Minority Affairs. pp. 113-160.
- 28) Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy (MŠMT). (2007). *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. Praha, Výzkumný ústav pedagogický. [vid. 2020-11-10]. Dostupné z: <http://www.nuv.cz/t/rvp-pro-gymnazia>
- 29) Paivio, A (1986). *Mental representations: A dual Coding Approach*. Oxford University Press, Oxford, New York.
- 30) Průcha, J., Walterová, E., Mareš, J. (2009). *Pedagogický slovník*. Praha: Portál.
- 31) Schönborn, K. J. & Anderson, T. R. (2006). The importance of visual literacy in the education of biochemists. *Biochemistry and Molecular Biology Education* 34(2), 94-102.
- 32) Slater, J. (2012, 4. duben). *G-protein signaling*. YouTube. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=Glu_T6DQuLU
- 33) Spousta, V. (2004). Psychologické aspekty vizualizace. *Pedagogická orientace*, 4, 51-56. ISSN 1211-4669.
- 34) Šarboch, D. (2018). *Trávení jako mezioborové téma ve výuce přírodovědných předmětů*. Diplomová práce. Praha: Univerzita Karlova. Přírodovědecká fakulta.
- 35) Školní vzdělávací program čtyřletého Gymnázia Trutnov. (2018). *Gymnázium, Trutnov, Jiráskovo náměstí 325*. Dostupné z: <https://www.gymnaziumtu.cz/files/g-tu-svp-4g-15-16.pdf>
- 36) Školní vzdělávací program čtyřletý 2019 Jazykové gymnázium Pavla Tigrida, Ostrava-Poruba. *Jazykové gymnázium Pavla Tigrida*. Dostupné z: [https://www.jazgym.cz/userfiles/files/Tiskopisy/SVP_ctyrlety_1_9_2019\(1\).pdf](https://www.jazgym.cz/userfiles/files/Tiskopisy/SVP_ctyrlety_1_9_2019(1).pdf)
- 37) Školní vzdělávací program pro Gymnázium, Praha 2, Botičská 1. (2019) *Gymnázium, Praha 2, Botičská 1*. Dostupné z:

<http://www.gybot.cz/data/l/p/P/09-Biologie.pdf>

<http://www.gybot.cz/data/h/Z/X/08-Chemie.pdf>

- 38) Virtual Cell Animation (n.d.). *Insulin signaling (signal pathways)*. Dostupné z:
<https://vcell.science/project/insulinsignaling>
- 39) W.H. Freeman and Company. (n.d.). *Signal Transduction Pathway*. Dostupné z:
http://bcs.whfreeman.com/WebPub/Biology/hillisle/Animated%20Tutorials/at0505/pol_0505_scr.html
- 40) Zinčenko, V.P. (1976). Problémy vizuální kultury. *Estetická výchova*, 5, 113-136.

8 Přílohy

A) SEZNAM TIŠTĚNÝCH PŘÍLOH

Příloha č. 1: JavaScript výukové animace	2
--	---

B) SEZNAM SAMOSTATNÝCH PŘÍLOH

Příloha č. 2: Výuková animace: Typy buněčné signalizace

typy_bunecne_signalizace.html

typy_bunecne_signalizace.js

typy_bunecne_signalizace fla

složka images

složka sounds

Příloha č. 3: Studijní text k buněčné signalizaci

bunecna_signalizace_studijni_text.pdf

Příloha č. 1: JavaScript výukové animace

Scéna 1, vrstva actions, snímek č. 1

```
var _this = this;
_this.obdelnik2.visible = false
_this.Tl_TVT.on('click', function(){
_this.obdelnik2.visible = false;
});
_this.Tl_TVF.on('click', function(){
_this.obdelnik2.visible = true;
});
_this.stop();
_this.tl1.on('click', function(){
_this.gotoAndStop(2);
});
_this.tl2.on('click', function(){
_this.gotoAndStop(4);
});
_this.tl3.on('click', function(){
_this.gotoAndStop(6);
});
_this.tl1.addEventListener("click", zvukF);
function zvukF () {
    createjs.Sound.play("nervova");
}
_this.tl2.addEventListener("click", zvukV);
function zvukV () {
    createjs.Sound.play("lipofilni");
}
_this.tl3.addEventListener("click", zvukA);
function zvukA () {
    createjs.Sound.play("hydrofilni");
}
_this.tl4.addEventListener("click", zvukB);
function zvukB () {
    createjs.Sound.stop();
}
```

Scéna 1, vrstva MC, snímek č. 3

```
var _this = this;
_this.stop();
```

Definice symbolů: synapse_neuronu (filmový klip), vrstva action, snímek č. 1

```
var _this = this;
_this.tlacitkoplay.on('click', function(){
  _this.play();
});
var _this = this;
_this.tlacitkostop.on('click', function(){
  _this.stop();
});
var _this = this;
_this.tla_zacatek.on('click', function(){
  _this.gotoAndStop(1);
});
_this.tlacitkostop.addEventListener("click", zvukB);
function zvukB () {
  createjs.Sound.stop();
}
```

Definice symbolů: synapse_neuronu (filmový klip), vrstva action, snímek č. 632

```
var _this = this;
_this.stop();
_this.tlacitkoplay.on('click', function(){
  _this.play();
});
_this.tlacitkostop.on('click', function(){
  _this.stop();
});
_this.tla_zacatek.on('click', function(){
  _this.gotoAndStop(1);
});
_this.tlacitkostop.addEventListener("click", zvukB);
function zvukB () {
  createjs.Sound.stop();
}
```

Definice symbolů: Lipofilni_hormon (filmový klip), vrstva actions, snímek č. 1

```
var _this = this;
_this.tlacitkoplay.on('click', function(){
  _this.play();
});
_this.tlacitkostop.on('click', function(){
  _this.stop();
});
```



```

_this.tla_zacatek.on('click', function(){
_this.gotoAndStop(1);
});
_this.tlacitkostop.addEventListener("click", zvukB);
function zvukB () {
    createjs.Sound.stop();
}

```

Definice symbolů: Lipofilni_hormon (filmový klip), vrstva actions, snímek č. 390

```

var _this = this;
_this.stop();
_this.tlacitkoplay.on('click', function(){
_this.play();
});
_this.tlacitkostop.on('click', function(){
_this.stop();
});
_this.tla_zacatek.on('click', function(){
_this.gotoAndStop(1);
});
_this.tlacitkostop.addEventListener("click", zvukB);
function zvukB () {
    createjs.Sound.stop();
}

```

Definice symbolů: Hydrofilni_hormon (filmový klip), vrstva actions, snímek č. 1

```

var _this = this;
_this.tlacitkoplay.on('click', function(){
_this.play();
});
_this.tlacitkostop.on('click', function(){
_this.stop();
});
_this.tla_zacatek.on('click', function(){
_this.gotoAndStop(1);
});
_this.tlacitkostop.addEventListener("click", zvukB);
function zvukB () {
    createjs.Sound.stop();
}

```

Definice symbolů: Hydrofilni_hormon (filmový klip), vrstva actions, snímek č. 743

```

var _this = this;
_this.stop();

```

```
_this.tlacitkoplay.on('click', function(){
_this.play();
});
_this.tlacitkostop.on('click', function(){
_this.stop();
});
_this.tla_zacatek.on('click', function(){
_this.gotoAndStop(1);
});
_this.tlacitkostop.addEventListener("click", zvukB);
function zvukB () {
    createjs.Sound.stop();
}
```